

cari exprimă direct puterea consumată (în kW sau în CP). Pierderile prin ventilație provoacă creșterea Δh_v (kcal/kg) a entalpiei aburului la ieșirea din etaj

$$\Delta h_v = \frac{N_v}{5,7 G_s},$$

unde N_v (CP) e puterea consumată în ventilație.

— Pierderile de fluid motor, cari apar numai la turbine multietajate, sunt datorite scăpării de abur activ prin interstițiile dintre rotor și părțile fixe ale turbinei, înainte de expandarea acestuia în ajutaje sau înainte de trecerea lui prin rețeaua de palete rotorice a etajului respectiv. La turbinele cu acțiune, scăpările de abur se produc între butucul discului și diafragma care desparte camera de presiune a etajului respectiv de cea precedentă, la care se adaugă scăpările de abur între bandajul paletelor și carcasă (când turbina funcționează cu un grad mic de reacțiune). La turbinele cu reacțiune, scăpările de abur se produc prin interstițiile radiale dintre paletelor rotorului și carcasă, cum și dintre paletelor statorului și rotor; la aceste turbine, pierderile interstițiale sunt mult mai importante decât la cele cu acțiune, deoarece la primele se produc la periferia rotorului (deci la un diametru, respectiv la secțiuni mult mai mari), iar la ultimele, la butucul discurilor. Amestecarea fluxului principal de abur (care a trecut prin ajutaje și paletelor rotorice) cu curenții secundari de abur scăpați prin interstiții provoacă creșterea Δh_{sc} a entalpiei aburului la ieșirea din etaj

$$\Delta h_{sc} = \frac{(G_{1sc} i_0 + G_{2sc} i_1) - (G_{1sc} + G_{2sc}) i_2}{G_s} \quad (\text{kcal/kg}),$$

unde G_{1sc} e debitul de abur care scapă prin interstițiul butuc-diafragmă (la turbinele cu acțiune) sau prin interstițiul radial dintre paletelor statorice și rotor (la turbinele cu reacțiune), G_{2sc} e debitul de abur care scapă prin interstițiul dintre paletelor rotorice și carcasă, i_0 e entalpia aburului la intrarea în etaj, i_1 e entalpia aburului la ieșirea din ajutaje, iar i_2 e entalpia aburului la ieșirea din rețeaua de palete rotorice a etajului (respectiv la ieșirea din rotor); la turbinele cu reacțiune, valoarea pierderilor de fluid motor se poate determina și cu formule empirice, de exemplu:

$$\Delta h_{sc} = 1,72 \frac{\delta^{1,4}}{l} \quad (\text{kcal/kg}),$$

unde δ (mm) e interstițiul radial și l (mm) e lungimea paletei. Pentru limitarea pierderilor de fluid motor se utilizează, la etanșarea interstițiilor, dispozitive speciale cu șicane sau labirinturi. — Pierderile de presiune se datoresc laminării aburului în supapele de admisiune, adică în supapa principală de admisiune și în supapele de reglare (valoarea pierderii fiind de 0,03...0,05 p_0), cum și căderii de presiune necesare acoperirii pierderilor în difuzor (tubulura de evacuare); aceste pierderi provoacă micșorarea căderii de entalpie la dispoziția turbinei.

Energia disponibilă (căderea de entalpie adiabatică) a unui etaj al turbinei se exprimă prin relația:

$$H_0 = p_0 \frac{A}{2g} c_0^2 + h_0 - p_2 \frac{A}{2g} c_2^2 = \frac{A}{2g} (c_0^2 - \mu_2 c_2^2 + w_2^2 - w_1^2) \quad (\text{kcal/kg}),$$

în care h_0 e căderea teoretică (adiabatică) de entalpie a etajului, $\frac{A}{2g} c_0^2$ e energia cinetică a aburului la

intrarea în etaj, $\frac{A}{2g} c_2^2$ e energia cinetică a aburului la ieșirea din etaj, μ_0 și μ_2 sunt coeficienții de utilizare a energiei cinetice la intrarea și la ieșirea din etaj (a căror valoare e cuprinsă între 0 și 1). Energia utilizată în rețeaua de palete rotorice, a etajului respectiv, pentru obținerea cuplului motor, se exprimă prin relația

$$H_u = H_0 - (\Delta h_a + \Delta h_p + \Delta h_c) = \frac{A}{2g} [(c_1^2 - c_2^2) + (w_2^2 - w_1^2)] \quad (\text{kcal/kg}).$$

Energia internă a etajului se obține scăzând totalul pierderilor interne din energia disponibilă, adică

$H_i = H_0 - \Delta h_{int}$ unde $\Delta h_{int} = \Delta h_a + \Delta h_p + \Delta h_c + \Delta h_f + \Delta h_v + \Delta h_{sc}$. Energia efectivă, respectiv puterea efectivă la acuplaj, se obține scăzând și pierderile externe, adică

$N_e = N_i - N_m$, unde N_m e puterea corespunzătoare pierderilor externe. Pentru întreaga turbină, energiile se definesc în mod analog.

Randamentul periferic al etajului unei turbine rezultă din raportul

$$\eta_u = \frac{H_u}{H_0},$$

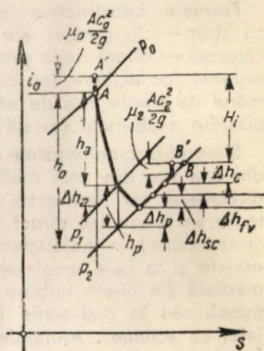
iar randamentul intern al etajului se exprimă prin relația:

$$\eta_i = \frac{H_i}{H_0},$$

în care

$$H_i = H_0 - \Delta h_{int}$$

e căderea reală de entalpie în etaj (v. fig. XI).



XI. Reprezentarea în diagrama entalpie-entropică a evoluției aburului în etajul unei turbine cu abur. A) starea inițială a aburului; B) starea finală; A') starea inițială ținând seamă de recuperare; B') starea inițială a etajului următor; H_i) căderea reală de entalpie în etaj; h_0) căderea de entalpie adiabatică a etajului; $\mu_0 \frac{A}{2g} c_0^2$) echivalentul în entalpie al energiei cinetice recuperate din treapta precedentă; h_a) căderea de entalpie în stator; h_p) căderea de entalpie în rotor; Δh_a) pierderea în ajutaje; Δh_p) pierderea în palete; Δh_{sc}) pierderile de fluid motor; Δh_{fv}) pierderile prin frecări și ventilație; Δh_c) pierderea la ieșire; $\mu_2 \Delta h_c$) fracțiuni de energie recuperată în etajul următor.

Randamentul mecanic al turbinei se exprimă prin relația

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i} = \frac{N_i - N_m}{N_i},$$

în care N_m e puterea consumată pentru acoperirea pierderilor externe și $N_i = G_h \cdot H_i / 860$ e puterea corespunzătoare căderii reale de entalpie (G_h fiind debitul orar de abur consumat de turbină), — iar randamentul efectiv al turbinei are expresiunea:

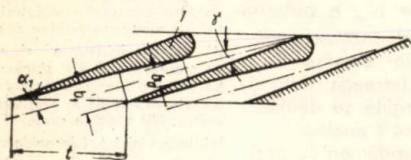
$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = \frac{N_e}{N_0} = \frac{H_e}{H_0},$$

în care H_e e echivalentul în entalpie al energiei aburului, utilizată efectiv în turbină, și N_0 e puterea corespunzătoare energiei disponibile. Astfel, debitul de abur necesar obținerii unei puteri date a turbinei se calculează din relația

$$G_h = \frac{860 \cdot N_e}{H_0 \cdot \eta_e}.$$

Formele constructive ale organelor turbinei cu abur — în special ale rotorului, statorului și carcasi — diferă după principiul de funcționare a turbinei (cu acțiune sau cu reacțiune), după numărul de trepte sau de etaje, după direcția de curgere a aburului (axială sau radială), etc.

Statorul turbinelor axiale e constituit, în general, din una sau din mai multe coroane de palete directoare, cari formează ajutaje. Paletel directoare se montează direct în carcasă (la turbinele cu reacțiune), în inele speciale (la turbinele cuasi-etajate și la cele uni-etajate), într-o bucea intermediară (la unele turbine multi-etajate, cu reacțiune), sau în diafragme (la turbinele multi-etajate, cu acțiune). Ajutajele statorului turbinei se construiesc convergent divergente (v. fig. XII)

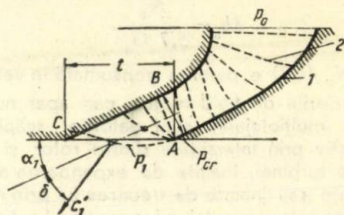


XII. Secțiune cilindrică printr'un grup de ajutaje convergent-divergente.

1) paletă directoare; α_1) unghiul de înclinare al ajutajului; t) pasul ajutajului; b_0) lățimea secțiunii critice; b_1) lățimea secțiunii de ieșire; γ) unghiul de evazare al părții divergente.

când $M > 1$ (M fiind numărul lui Mach) sau convergente când $M < 1$; ajutajele convergent-divergente se folosesc în general la turbinele uni-etajate (v.), la turbinele cuasi-etajate (v.) și la etajele de reglare ale turbinelor multi-etajate, iar ajutajele convergente se folosesc la turbinele multi-etajate (în cari aburul poate expanda uneori și sub presiunea critică în spațiul triunghiular dela ieșire)

(v. fig. XIII). Paletel directoare ale ajutajelor sunt confecționate din oțel special și au în general profil aerodinamic, lungimea utilă a profilului paletelor fiind determinată din ecuația de con-



XIII. Expansiunea aburului sub presiunea critică într'un ajutaj convergent.

1) secțiune cilindrică prin ajutajul convergent; 2) isobare; t) pasul ajutajelor; ABC) spațiul triunghiular la ieșirea din ajutaj; p_0) presiunea la intrare; p_{cr}) presiunea critică; p_1) presiunea finală ($p_1 < p_{cr}$); α_1) unghiul de înclinare al ajutajului; δ) unghiul de abatere al vinii de abur (datorită expansiunii aburului în spațiul ABC); c_1') vitesa vinii de abur la ieșire.

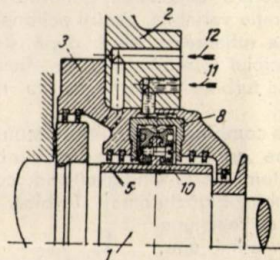
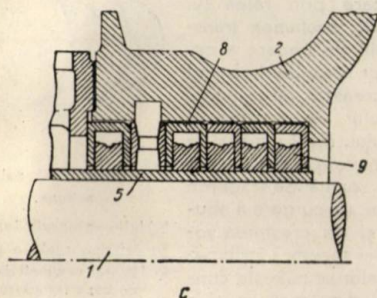
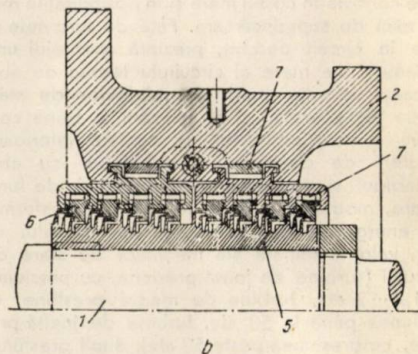
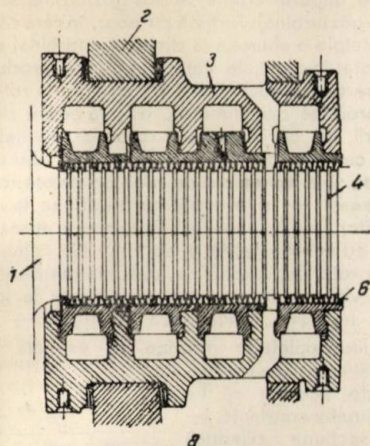
tinuitate. — Statorul turbinelor radiale e constituit din unul sau din mai multe discuri, pe a căror suprafață frontală se fixează paletel directoare, formând coroane concentrice.

Rotorul e constituit dintr-o piesă de revoluție (unu sau mai multe discuri, sau o tobă), monobloc sau calată pe un arbore, pe care sunt fixate una sau mai multe coroane de palete rotorice, pe suprafața laterală (la turbinele axiale) sau frontală (la turbinele radiale). Forma paletelor rotorice depinde, în special, de principiul de funcționare al turbinei; ele sunt constituite din partea mijlocie (activă), executată cu un profil constant sau variabil, din picior, și din partea periferică (și care uneori poate fi diferită constructiv de partea activă). Materialele folosite la confecționarea discurilor și a arborelui sunt oțelul carbon de calitate și oțelurile aliate (cu crom, nichel, și molibden) iar pentru construirea paletelor se folosesc oțeluri speciale (oțel cu nichel, oțel cu crom, cu crom-molibden, cu crom-nichel-wolfram).

Carcasa izolează spațiul de abur al turbinei de mediul exterior, susține uneori rotorul (prin intermediul palierelor) și organele de reglare, și formează difuzorul de evacuare în partea de joasă presiune. O condițiune principală e ca ea să se dilate radial și axial fără a influența centrul turbinei. Carcasa se execută din oțel turnat sau forjat, în partea de înaltă presiune, și din fontă sau din tablă sudată, în partea de joasă presiune. Carcasa și corpul palierelor sunt așezate pe o ramă de fundație, în general de fontă; rama repartizează greutatea turbinei pe o suprafață mai mare a fundației și permite ca poziția suporturilor carcasi și a palierelor să varieze la dilatare. — Garniturile de etanșare executate în formă de labirint, garniturile de cărbune sau cutia de etanșare hidraulică (v. fig. XIV), etanșează deschiderile în carcasă (în locurile prin cari pătrunde

arborele rotorului), iar în interiorul turbinei multi-etajate împiedecă scăpările de abur dela un etaj

presiune, de obicei, un palier combinat radial-axial (oscilant sau rigid), iar cel din spre joasă presiune, un palier radial. Ungerea se face sub presiune, uleiul fiind trimis de pompa principală de ulei, antrenată de arborele turbinei.



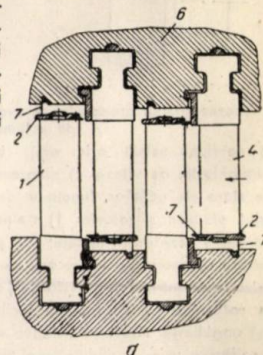
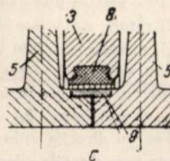
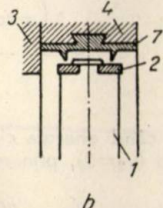
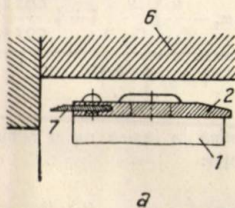
XIV. Garnituri de etanșare către exterior.

a) garnitură de etanșare cu labirinturi; b) garnitură de etanșare cu labirinturi pentru presiune înaltă; c) garnitură de etanșare cu inele de cărbune; d) garnitură de etanșare hidraulică; 1) arborele turbinei; 2) carcasa turbinei; 3) carcasa labirintului; 4) caneluri; 5) bucea calată pe arbore; 6) element fix de labirint; 7) foale de resort; 8) inel metalic; 9) inel de cărbune; 10) inel cu nervuri; 11) intrarea apei; 12) intrarea aburului.

la altul (v. fig. XV). La turbinele cu condensatie, în partea de joasă presiune, garnitura de etanșare oprește pătrunderea aerului în condensator prin difuzorul de evacuare.

Palieretele turbinei susțin rotorul și preiau fracțiunea neechilibrată din împingerea axială a aburului asupra acestuia. Palierul din spre înalta

Reglarea turbinei modifică debitul de abur admis în turbină și poate fi calitativă, prin laminarea aburului la intrarea în turbină, sau cantitativă, prin modificarea secțiunii de intrare în primul etaj al turbinei (închiderea unui număr de ajutaje) (V. și sub Reglarea turbinei cu abur).



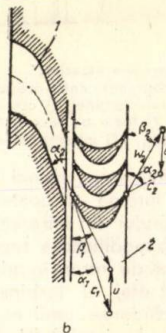
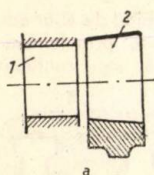
XV. Sisteme de etanșare în interiorul turbinei.

a) etanșare axială prin șicană fixată în bandaj; b) etanșare radială prin șicane fixate în carcasă; c) etanșare radială cu inele de cărbune și labirint; d) etanșare radial-axială (la turbinele cu reacțiune); 1) paletă rotorică; 2) bandaj; 3) diafragmă; 4) paletă directoare; 5) disc; 6) carcasă; 7) bandaj cu șicane; 8) inel de cărbune; 9) bucea cu șicane.

Față de motorul cu piston, turbina cu abur prezintă următoarele avantaje: producerea directă și continuă a cuplului motor, lipsa vibrațiilor de joasă frecvență, gabarit mai mic la puteri egale, randament superior, posibilitatea construirii de superunități, consum mic de ulei, etc. Desavantajele consistă în costul mare și în posibilitățile mult mai mici de supraîncărcare. Față de turbinele cu gaze în circuit deschis, prezintă avantajul unui randament mai mare al circuitului termic de abur (în cazul valorilor mari ale mărimilor de stare inițiale ale aburului) și al utilizării în bune condițiuni a combustibilului de calitate inferioară.

Criterii de clasificare a turbinelor cu abur (v. tabloul) sunt: principiul termodinamic de funcționare, modul în care se realizează transformările energetice în turbină, direcția fluxului de abur, valorile inițiale ale mărimilor de stare ale aburului (turbine de joasă presiune, cu presiunea de 1,2...2 ata, turbine de medie presiune, cu presiunea până la 50 ata, turbine de înaltă presiune, cu presiunea peste 50 ata); după presiunea la ieșirea din turbină, după turație (turbine cu turație constantă, pentru acționarea generatoarelor, și turbine cu turație variabilă, pentru acționarea ventilatoarelor, a suflantelor, etc.); după destinație. După principiul termodinamic de funcționare, se deosebesc turbine cu acțiune, cu reacțiune și combinate.

1. **Turbină combinată** [турбина смешанного типа; turbine combinée; Überdruckturbine mit vorgeschaltetem Geschwindigkeitsrad; combined turbine; kombinált gőzturbina]; Turbină cu abur multietajată, cu reacțiune și reglaj prin admisiune, folosind pentru reglare o turbină coaxială, cu acțiune (unietajată sau cuasietajată), reprezentând etajul de reglare al turbinei.



1. Reprezentarea procesului de evoluție a gazelor într'un etaj de acțiune.

a) secțiune axială prin etaj; b) secțiune cilindrică și triunghiurile de viteze; c) diagrama vitezelor și a mărimilor de stare ale gazelor, funcțiune de drumul parcurs prin paletele statorice și rotorice; 1) stator; 2) rotor; c_0) viteza de intrare a gazelor în ajutaje; c_1) și c_2) vitezele absolute de intrare respectiv de ieșire față de rotor; w_1) și w_2) vitezele relative de intrare și de ieșire față de rotor; u) viteza periferică la rotorului; α_1) unghiul de înclinare al ajutătelor; β_1) și β_2) unghiurile vitezelor relative w_1 și w_2 cu direcția vitezei periferice u ; α_2) unghiul vitezei absolute c_2 cu direcția vitezei periferice u ; p_0) și i_0) presiunea și entalpia gazelor la intrarea în ajutaje; p_1) și i_1) și p_2) și i_2) presiunea și entalpia gazelor la intrarea respectiv la ieșirea din rotor.

2. ~ cu acțiune [активная паровая турбина; turbine à action, Gleichdruckturbine; action turbine, impulse turbine; akciós gőzturbina, szabad-sugár-gőzturbina]; Turbină cu abur, în care căderea de entalpie a aburului la dispoziția turbinei e utilizată total în ajutajele statorului, pentru producerea de energie cinetică. Forța dela periferia rotorului, care produce cuplul motor, e forța activă datorită devierii, de către paletele rotorului, a vinelor de abur cari ies din ajutaje. Presiunea aburului la intrarea și la ieșirea din rețeaua de palete rotorice e aceeași — și e egală cu presiunea la ieșirea din stator, iar viteza relativă de intrare e aproximativ egală cu cea de ieșire a aburului din rețeaua de palete rotorice; în realitate, datorită pierderilor din rețea, viteza la ieșire e mai mică decât la intrare, adică: $w_2 = \varphi w_1$, unde $\varphi < 1$ (v. fig. I). —

Profilul paletelor rotorice se execută astfel, încât lățimea canalului format de acestea să fie aproximativ constantă, într-o secțiune cilindrică oarecare prin rețea (v. fig. II); secțiunea transversală de trecere a canalelor rotorului trebuind să crească de-a-lungul traseului de curgere a aburului, după ecuația de continuitate (pentru a ținea seamă de scăderea vitezei de curgere a aburului și de creșterea volumului specific), înălțimea paletelor se mărește continuu din spre muchia de intrare spre cea de ieșire.

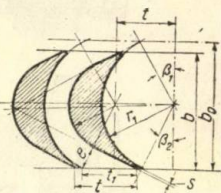
Randamentul periferic al etajului de acțiune, când se recuperează energia cinetică a aburului la ieșirea din rețea (cazul general), se exprimă prin relația:

$$\eta_{rec} = \frac{2u(w_1 \cos \beta_1 + w_2 \cos \beta_2)}{c_1^2 - \mu_2 c_2^2} = \frac{2\left(\varphi \cos \alpha_1 - \frac{u}{c_1}\right) \frac{u}{c_1} \left(1 + \varphi \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1}\right)}{1 - \mu_2 \left(\frac{c_2}{c_1}\right)^2},$$

iar când energia cinetică la ieșire nu e recuperată ($\mu_2 = 0$), prin relația:

$$\eta_{0u} = 2 \varphi^2 \left(1 + \varphi \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1}\right) \left(\cos \alpha_1 - \frac{u}{c_1}\right) \frac{u}{c_1} < \eta_{0u}^{rec}.$$

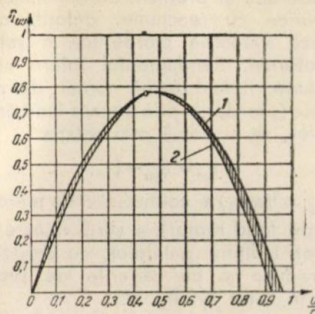
Fig. III reprezintă curba teoretică și curba reală



II. Profilul unei palete de acțiune.

b_0) lățimea teoretică a paletei;
b) lățimea reală a paletei;
e) lățimea secțiunii de ieșire;
 r_1) raza intradosului,
 $r_2 = b/(\cos \beta_1 + \cos \beta_2)$; r_2) raza extradosului; t) pasul rețelei de palete $t = (0,7 \dots 0,9)r_1$;
s) grosimea muchiei de ieșire; β_1) unghiul de înclinare al muchiei de intrare; β_2) unghiul de înclinare al muchiei de ieșire.

$\eta_{0u} = f\left(\frac{u}{c_1}\right)$, pentru o rețea de palete directoare și rotorice date; curba reală se găsește sub curba



III. Diagrama variației randamentului periferic al turbinei cu acțiune, funcțiune de raportul u/c_1 .

η_{0u}) randamentul periferic; 1) curba teoretică $\eta_{0u} = f\left(\frac{u}{c_1}\right)$; 2) curba reală $\eta_{0u} = f\left(\frac{u}{c_1}\right)$.

teoretică, deoarece valoarea lui ψ scade, la abaterea valorii viteșei c_1 dela cea corespunzătoare regimului de calcul, datorită șocurilor la intrare. Randamentul periferic maxim se obține pentru $(u/c_1)_{opt} = \cos \alpha_1/2$, ceea ce corespunde, la $(u/c_1)_{opt} = 0,43 \dots 0,47$, pentru valorile uzuale ale unghiului de înclinare al ajutorajelor $\alpha_1 = 12 \dots 20^\circ$. Randamentul intern al etajului, ținând seamă numai de pierderile prin frecare și ventilație, se exprimă prin relația:

$$\eta_{0i} = \eta_{0u} - \bar{\epsilon}_{fv},$$

în care

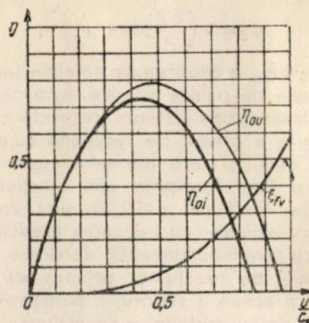
$$\bar{\epsilon}_{fv} = \frac{\Delta h_{fv}}{H_0} = f\left(\frac{u}{c_1}\right)$$

e coeficientul de pierderi prin frecare și ventilație (v. fig. IV). — Puterea maximă a turbinei, respectiv a unui etaj al turbinei, se obține pentru $u/c_1 = 2 \cos \alpha_1/3$.

Turbinele cu acțiune se construiesc ca turbine unietajate (v.) sau ca turbine cuasietajate (v.); la turbinele multietajate (v.), etajele cu acțiune se folosesc în general la presiuni înalte și la debite specifice mici (partea de înaltă presiune a turbinei), celelalte etaje putând fi cu reacțiune. În general, turbinele unietajate și etajul de reglare al turbinelor multietajate se execută cu admisiune parțială, datorită secțiunii mici necesare pentru trecerea aburului prin stator (determinată de presiunea înaltă a aburului sau de debitul mic, limitat de puterea dată a turbinei).

Turbina funcționează numai excepțional cu acțiune pură, chiar dacă la regimul de calcul ea a fost proiectată pentru funcționarea cu acțiune, deoarece la abaterea dela acest regim (de ex. variația sarcinii, schimbarea valorilor inițiale ale mărimilor de sta-

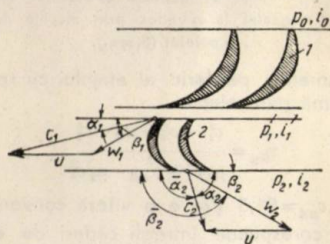
re, etc.) apare în rețeaua de palete a rotorului un mic grad de reacțiune.



IV. Reprezentarea grafică a randamentului, funcțiune de raportul u/c_1 la un etaj cu acțiune.

η_{0u}) randamentul periferic; η_{0i}) randamentul intern; ϵ_{fv}) coeficientul de pierderi prin frecare și ventilație.

1. Turbină cu reacțiune [реактивная паровая турбина; turbine à réaction; Überdruckturbine, Rückdruckturbine, Reaktionsturbine; reaction turbine, pressure turbine; reakciós gőzturbina, réstulnyomásos gőzturbina]: Turbină cu abur, în care numai o fracțiune din căderea de entalpie a aburului la dispoziția turbinei e utilizată în stator, pentru producerea de energie cinetică, restul căderii de entalpie fiind utilizat în rotor (prin expandarea în continuare a aburului în canalele rotorice). Forța la periferia rotorului, care produce cuplul motor, e rezultanta dintre forța activă, datorită devierii vinelor de abur de către



I. Secțiune cilindrică prin paletaj și triunghiurile viteșelor unui etaj cu reacțiune.

1) paletă directoare; 2) paletă rotorică; p_0) și i_0) presiunea și entalpia la intrarea în etaj; p_1) și i_1) presiunea și entalpia după expansiunea în ajutoraje; p_2) și i_2) presiunea și entalpia după expansiunea în rotor; c_1 și c_2) vitezele absolute de intrare și de ieșire față de rotor; w_1 și w_2) vitezele relative de intrare și de ieșire față de rotor; u) viteza periferică a rotorului.

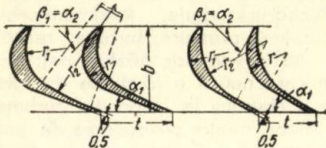
paletele rotorice, și forța reactivă, datorită accelerării relative a curentului de abur față de paletele rotorului. Presiunea p_1 a aburului la intrarea în rețeaua de palete a rotorului e mai mare decât presiunea p_2 la ieșire (v. fig. I), iar viteza relativă

a vinelor de abur la ieșirea din canalele rotorului e mai mare sau cel puțin egală cu viteza la intrare:

$$w_2 = \psi \left(\frac{2g}{A} \rho h_0 + w_1^2 \right)^{1/2},$$

unde $\rho h_0 = h_{02}$ e căderea de entalpie (adiabatică) din rețeaua de palete rotorice, h_0 e căderea de entalpie la dispoziția turbinei (respectiv a etajului) și $\rho = h_{02}/h_0$ e gradul de reacțiune cu care funcționează etajul și care are valori cuprinse practic între 0 și 0,5. Turbinele cari funcționează cu grade de reacțiune $\rho \leq 0,15$ sunt considerate turbine cu acțiune (cu indicarea gradului de reacțiune cu care funcționează), deoarece, la aceste grade mici de reacțiune, rețeaua de palete a rotorului și aceea a statorului păstrează caracteristicile paletării turbinelor cu acțiune.

Canalele formate de paletele rotorice sunt convergente, ca și cele formate de paletele statorice, lățimea canalelor micșorându-se de-a-lungul traseului de curgere a aburului, dela intrare spre ieșire. Paletele rotorice se profilează aerodinamic (v. fig. II); pentru $\rho = 0,5$, paletele statorice și cele rotorice se execută cu profile identice.



II. Profile de palete de reacțiune cu gradul de reacțiune $\rho = 0,5$.

b) lățimea rețelei; r_1 , r_2 și r_3 razele de construcție ale profilului; l pasul rețelei; α_1 unghiul de înclinare al muchiei de ieșire; α_2 unghiul de înclinare al muchiei de intrare; β_1 unghiul tangentei la extradros prin muchia de intrare a paletei ($\beta_1 = \alpha_2$).

Randamentul periferic al etajului cu reacțiune se exprimă prin relația

$$\eta_{0u} = \frac{c_1^2 - w_1^2 + w_2^2 - c_2^2}{\mu_0 c_2^2 + c_{ad}^2 - \mu_2 c_2^2},$$

în care $c_{ad} = 91,5 \sqrt{h_0}$ e o viteză convențională, care ar corespunde întregii căderi de entalpie adiabatică la dispoziția etajului; în general, la treptele cu reacțiune se consideră $\mu_0 c_0^2 = \mu_2 c_2^2$, și în acest caz randamentul periferic poate fi exprimat și prin relația

$$\eta_{0u} = 2 \frac{u}{c_{ad}} \left(\psi \cos \alpha_1 \sqrt{1 - \rho + \epsilon_1} + \psi \cos \beta_2 \sqrt{\rho + \epsilon_2} - \frac{u}{c_{ad}} \right),$$

în care

$$\epsilon_1 = \left(\frac{c_0}{\psi c_{ad}} \right)^2 \quad \text{și} \quad \epsilon_2 = \left(\frac{w_1}{\psi c_{ad}} \right)^2.$$

Randamentul periferic maxim (pentru $\rho = 0 \dots 0,5$) se obține pentru

$$\left(\frac{u}{c_1} \right)_{opt} = \frac{\cos \alpha_1}{2} \dots \cos \alpha;$$

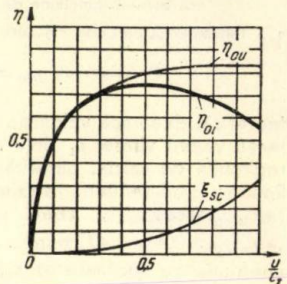
în general, randamentul periferic maxim al eta-

jului cu reacțiune e superior celui al etajului cu acțiune, din cauza vitezei relative mici a aburului la intrarea în rețeaua de palete, devierii mai mici a aburului și profilării aerodinamice a paletelor rotorice cu reacțiune, datorită cărora se micșorează valoarea pierderilor în rețeaua de palete rotorice. Randamentul intern al etajului cu reacțiune, ținând seamă numai de pierderile interstițiale (pierderile prin frecare fiind, în general, neglijabile), se exprimă prin relația:

$$\eta_{0i} = \eta_{0u} - \epsilon_{sc},$$

în care $\epsilon_{sc} = f(u/c_1)$ e coeficientul de pierderi interstițiale (de fluid motor), a cărui valoare crește cu micșorarea înălțimii paletelor, cu creșterea interstițiilor radiale și cu căderile de presiune în stator și în rotor (v. fig. III).

Pentru un același unghi de înclinare α_1 și o aceeași viteză periferică a rotorului, etajul cu acțiune (la $\rho = 0,5$) transformă o cădere de entalpie aproximativ de două ori mai mică decât un etaj cu reacțiune, de unde rezultă numărul mare al etajelor turbinelor multietajate cu reacțiune (cu etaje de presiune).



Etajele cu reac-

țiune se execută

cu admisiune totală, deoarece diferența dintre presiunile aburului la intrarea și la ieșirea din rețeaua de

palete rotorice ar provoca pierderi inadmisibile, în cazul admisiunii parțiale (aburul ar trece ne-dirijat prin rețeaua de palete rotorice, în dreptul sectoarelor fără ajutate).

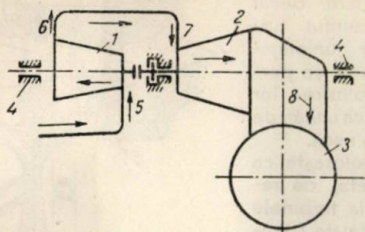
O caracteristică importantă a turbinei cu reacțiune e împingerea axială dirijată dela înalta către joasa presiune, datorită diferenței dintre presiunile aburului la intrarea și la ieșirea din rotor. Această forță axială se echilibrează, în general, prin palierul axial al turbinei, prin împingerea axială de sens contrar a aburului asupra garniturii de etanșare de înaltă presiune — și prin toba (tamburul) de echilibrare; la turbinele multietajate cu mai multe corpuri, echilibrarea forței axiale se realizează prin schimbarea sensului de curgere a aburului, la trecerea dintr'un corp în celălalt (v. fig. IV).

Turbinele cu reacțiune se folosesc, în general, la presiuni relativ joase și debite specifice mari, când paletele având înălțime relativ mare, rezultă pierderi interstițiale mici și randament intern mare. Uneori se pot utiliza etaje cu reacțiune și la presiuni înalte și debite specifice mici.

III. Reprezentarea grafică a randamentului, funcțiune de raportul u/c_1 , la un etaj cu reacțiune.

η_{0u} randamentul periferic; η_{0i} randamentul intern; ϵ_{sc} coeficientul de pierderi de fluid motor.

După modul în care se realizează transformările energetice în turbină, se deosebesc turbine unietajate (cu un etaj de presiune), cuasietajate (cu trepte de viteză) și multietajate (cu etaje de presiune).



V. Echilibrarea împingerii axiale a aburului prin schimbarea sensului de curgere în corpurile de înaltă și de joasă presiune ale turbinei cu mai multe corpuri.

1) corpul de înaltă presiune; 2) corpul de joasă presiune; 3) condensator; 4) palier; 5) admișiunea în corpul de înaltă presiune; 6) evacuarea din corpul de înaltă presiune; 7) admișiunea în corpul de joasă presiune; 8) intrarea în condensator.

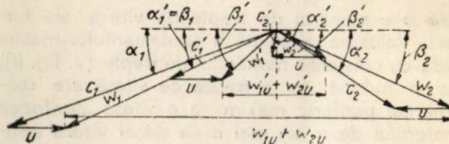
1. Turbină cu etaje de presiune: Sin. Turbină Parson, Turbină multietajată (v.).

2. ~ cu trepte de viteză: Sin. Turbină Curtis, Turbină cuasietajată (v.).

3. ~ cu un etaj de presiune: Sin. Turbină Laval, Turbină unietajată (v.).

4. ~ cuasietajată [паровая турбина кер-тиса; turbine monoétage à roue de vitesse; Curtis turbine; Curtis turbine; kvázifokozatú gőzturbina]: Turbină cu acțiune, în general cu admișiune parțială, în care căderea de entalpie disponibilă e utilizată într-o singură coroană de ajutaje a statorului, pentru producerea de energie cinetică, care e transformată în energie stereomecanică în două sau în trei coroane de palete rotorice, obținându-se astfel cuplul motor la arborele turbinei. Aburul expandat în ajutaje e dirijat de acestea în prima rețea de palete rotorice, unde prin abaterea lui se produce forța motoare la periferia rotorului. Deoarece viteza periferică a rotorului e relativ mică, la ieșirea din prima coroană de palete rotorice aburul are destulă energie cinetică neformată și e redresat (aproximativ după direcția axei ajutajelor) într-o coroană de palete fixe, fiind dirijat spre a doua coroană de palete rotorice; dacă, la ieșirea din a doua coroană de palete rotorice, energia cinetică a aburului e destul de mare (când turația rotorului e joasă și căderea de entalpie la dispoziția turbinei e mare) pentru a mai putea produce lucru mecanic util, rotorul se construiește cu un al treilea grup de palete redresoare și active. Fiecare pereche de coroane de palete active redresoare constituie o treaptă de viteză a turbinei. În general, se construiesc turbine cu cel mult trei trepte de viteză, deoarece rentabilitatea acestora scade cu depărtarea lor de ajutaje, astfel încât contribuția la putere a ultimei trepte poate deveni nulă sau chiar negativă.

Forța periferică totală, rezultată din variația impulsurilor vinelor de abur în paletile rotorului, e egală cu suma forțelor periferice care se exercită asupra fiecăreia dintre coroanele de palete active (v. fig. 1).



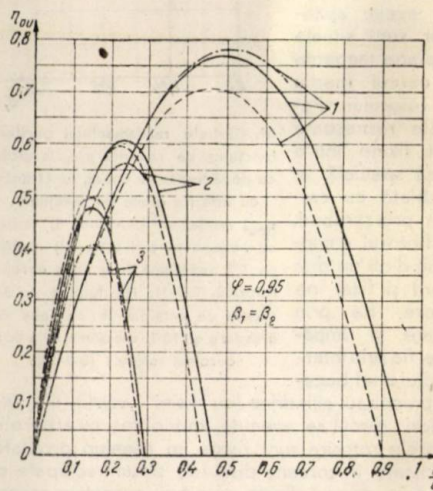
I. Triunghiurile de viteză ale unei turbine cu două trepte de viteză.

c_1, c_2) vitezele absolute de intrare și de ieșire din prima coroană de palete rotorice; w_1 și w_2) vitezele relative de intrare și de ieșire din prima treaptă; u) viteza periferică; α_1) unghiul de înclinare al ajutajelor; α_2) unghiul vitezei absolute de ieșire cu direcția vitezei periferice; β_1, β_2) unghiurile vitezelor relative w_1 și w_2 cu direcția vitezei periferice; w_{1u} și w_{2u}) proiectiile pe direcția vitezei periferice ale vitezelor w_1 și w_2 ; $c_1', c_2', w_1', w_2', w_{1u}', w_{2u}', \alpha_1', \alpha_2', \beta_1'$ și β_2') vitezele și elementele geometrice ale paleților pentru a doua treaptă de viteză.

Randamentul periferic se exprimă prin relația:

$$\eta_u = \frac{h_u}{h_0} = \frac{2u}{c_0^2} \sum (c_{1u} + c_{2u}),$$

în care h_u e căderea de entalpie efectiv utilizată în rețeaua de palete și h_0 e căderea de



II. Curbele randamentului periferic, funcție de raportul u/c_1 la diferite înclinări ale ajutajelor, la turbinele cu trepte de viteză.

— $\alpha_1 = 10^\circ$; — $\alpha_1 = 17^\circ$; - - - $\alpha_1 = 25^\circ$
 η_{ou}) randamentul periferic; 1) turbină cu o treaptă de viteză; 2) turbină cu două trepte de viteză; 3) turbină cu trei trepte de viteză.

entalpie adiabatică la dispoziția turbinei. Pentru o anumită turbină (la o rețea de palete dată) se

poate considera ca suficientă aproximație variația randamentului în funcție numai de u/c_1 , valoarea maximă a randamentului corespunzând valorii

$$\left(\frac{u}{c_1}\right)_{opt} \approx \frac{\cos \alpha_1}{2n},$$

unde n e numărul de trepte de viteză ale turbinei. Valoarea absolută a randamentului maxim scade cu creșterea numărului de trepte (v. fig. II); deci o turbină cu n trepte de viteză are randamentul periferic maxim la o viteză periferică a rotorului de n ori mai mică decât viteza periferică a unei turbine cu o singură treaptă. — Randamentul intern se exprimă prin relația

$$\eta_{0i} = \eta_u - \xi_{fv},$$

în care ξ_{fv} e coeficientul de pierderi prin frecare și ventilație. Îmbunătățirea randamentului se obține dacă ultima treaptă a turbinei funcționează cu un mic grad de reacțiune (mai exact, cu cădere de entalpie în paletele redresoare și cu reacțiune în paletele rotorice) (v. fig. III).

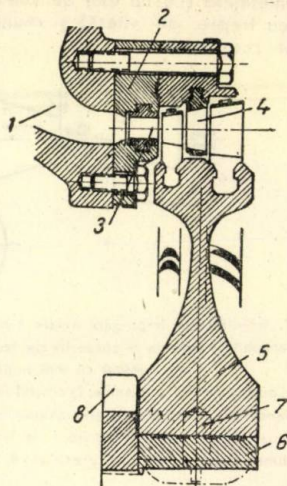
Satorul este constituit din mai multe ajutaje convergent-divergente, sau convergente, grupate în sectoare circulare sau dispuse la distanțe egale de-a lungul periferiei rotorului; axele ajutărilor sunt situate în plane tangente la cercul mediu al rotorului. Paletele redresoare sunt fixate într-o piesă specială, asamblată cu carcasa, prin șuruburi. — Rotorul este constituit dintr'un disc găurit și fixat pe arbore, fie prin fretare și împănare, fie prin intermediul unei bucele conice sau cilindrice (cu spini radiali) (fig. IV); uneori discul se execută monobloc cu arborele. Paletele rotorice sunt fixate în caneluri profilate, practicate în coroana discului, și sunt echipate cu bandaje de oțel, fixate cu nituri (executate monobloc cu paletele).

Reglajul turbinei poate fi cantitativ sau calitativ. Mecanismul de reglare e format dintr'un regulator de turație sau de presiune, care acționează supapele de admisiune, și dintr'un regulator de siguranță, care acționează supapa principală de admisiune, protejând turbina contra supraturației.

Turbina cuasietajată se construiește de obicei ca turbină cu contrapresiune și e folosită, în general, pentru căderi de entalpie de 30...120 kcal/kg.

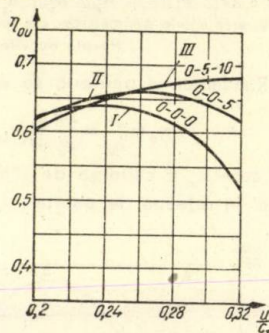
Avantajul acestor turbine constă în gabaritul mic la o turație relativ joasă (3000...7500 rot/min), iar dezavantajul lor constă în randamentul mic (puțin mai mare decât randamentul turbinelor unietațate), ceea ce permite folosirea lor numai ca unități de putere mică.

Se folosește ca prim etaj de reglare la turbinele multietajate (pentru obținerea reglării cantitative), la antrenarea mașinilor de lucru sau de forță (a pompelor centrifuge, a ventilatoarelor și, uneori, a generatoarelor electrice) și în instalațiile pentru acționarea navelor (ca turbină de mers înapoi). Sin. Turbină Curtis, Turbină cu trepte de viteză.



IV. Reprezentare parțială a unei turbine cu trepte de viteză.

1) cameră de admisiune; 2) stator; 3) ajutor; 4) paletă redresoare; 5) rotor; 6) bucea; 7) spin radial; 8) piuliță pentru fixare axială a rotorului.



III. Curbele randamentului periferic funcție de raportul u/c_1 la turbina cu două trepte de viteză, funcționând cu diferite grade de reacțiune.

η_{0u} randament periferic; I) turbină cu acțiune pură (0-0-0); II) turbină cu 5% reacțiune în a doua coroană rotorică (0-0-5); III) turbină cu 5% cădere de entalpie în coroana redresoare și 10% reacțiune în a doua coroană rotorică (0-5-10).

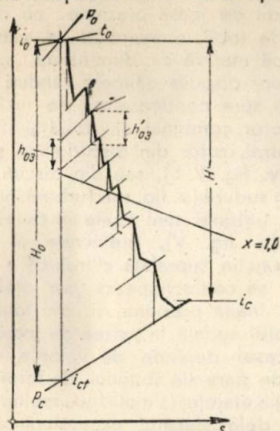
1. Turbină Curtis. Sin. Turbină cu trepte de viteză, Turbină cuasietajată (v.).

2. ~ Laval. Sin. Turbină cu un etaj de presiune, Turbină unietațată (v.).

3. ~ multietajată [многоступенчатая турбина; turbine polyétagée; mehrstufige Turbinen; multi-stage turbine; többfokozatú gőzturbina]; Turbină cu acțiune cu sau reacțiune, în care căderea de entalpie a aburului se utilizează în mai multe etaje dispuse în serie, pentru producerea de energie stereomecanică. Aburul expandează succesiv, starea lui finală la ieșirea dintr'un etaj oarecare constituind starea inițială a etajului următor (v. fig.). Cuplul motor exercitat la acuplaj e egal cu suma cuplurilor motoare ale etajelor turbinei. Numărul etajelor de presiune depinde în general de căderea de entalpie la dispoziția turbinei, de valorile inițiale și finale ale mărimilor de stare ale aburului, de destinația și de principiul de funcționare a turbinei.

Avantajul turbinei multietajate față de ale celei cuasietajate constă în randament superior la turație egală, datorită viteselor relativ mici de curgere a aburului prin turbină, permițând funcționarea cu raportul $(u/c_1)_{opt}$ (ceea ce determină o înălțime relativ mare a paletajului, și deci pierderi mici de entalpie și de fluid motor); randamentul intern al turbinei e superior mediei randamentelor interne ale fiecărui etaj, deoarece o parte din pierderile de entalpie dintr'un etaj oarecare al turbinei se recuperează în etajele

următoare. Acest avantaj compensează costul și anconbramentul mare al turbinei multietajate, determinând adoptarea acesteia în aproape toate



Reprezentarea în diagrama entalpo-entropică a procesului de evoluție într-o turbină multietajată.

p_0 , t_0 și i_0 mărimile de stare inițiale ale aburului; H_0 căderea de entalpie disponibilă a turbinei; H_i căderea internă a turbinei; p_c presiunea finală a aburului; i_{ct} entalpia finală teoretică; i_c entalpia finală reală; h_{03} căderea adiabatică disponibilă pe un etaj; h'_{03} căderea reală disponibilă pe același etaj (ținând seamă de recuperarea de entalpie).

domeniile de folosire a turbinei cu abur.

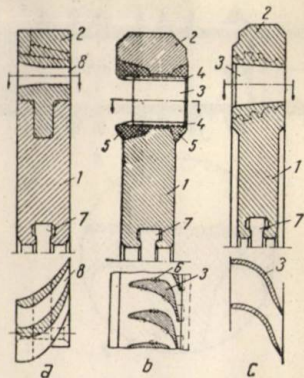
Aceste turbine se construiesc, de obicei, ca turbine axiale și, uneori, ca turbine radiale. Sin. Turbină cu trepte de presiune.

1. Turbină multietajată axială: Turbină axială, cu acțiune sau cu reacțiune, cu mai multe etaje de presiune. În general, primul etaj funcționează cu admisiune parțială și are una sau două trepte de viteză. Acest prim etaj permite realizarea reglajului cantitativ al turbinei, prin schimbarea gradului de admisiune în funcțiune de sarcina turbinei; el utilizează fracțiunea de cădere de entalpie a turbinei din domeniul presiunilor înalte, în care etajele de presiune ar lucra în condițiuni defavorabile. Reducerea presiunii inițiale a aburului prin etajul de reglare permite etajelor următoare să lucreze cu admisiune totală a aburului și determină mărirea înălțimii paletelor directe și rotorice, ceea ce îmbunătățește sensibil condițiunile de curgere a aburului, chiar la valorile mari inițiale ale mărimilor de stare ale aburului și la debite specifice mici. Prin reducerea presiunii inițiale a aburului în camera etajului de reglare, se micșorează diferența de presiune din turbină față de mediul exterior și, deci, pierderile exterioare de fluid motor prin garnitura de etanșare de înaltă presiune. Căderea de entalpie transformată în etajul de reglare, (care e cuprinsă, în general între 30 și 120 kcal/kg) depinde de căderea de entalpie la dispoziția turbinei, de valorile inițiale și de cele finale ale mărimilor de stare ale aburului, de puterea și de destinația turbinei; pentru transfor-

marea căderilor mici de entalpie (30...35 kcal/kg) se utilizează etaje de reglare cu o singură treaptă de viteză, iar pentru transformarea căderilor mai mari (35...100 kcal/kg), etaje de reglare cu două trepte de viteză.

Etajele de presiune, cari urmează după etajul de reglare, pot funcționa cu acțiune sau cu reacțiune; în general, nu se folosesc numai etaje cu acțiune. La turbinele cu acțiune, în domeniul presiunilor înalte se folosesc de obicei etaje cu acțiune cu un grad mic de reacțiune (0,02...0,15), iar în domeniul presiunilor medii și joase (la turbinele cu condensatie), etaje cu grade de reacțiune crescătoare, ajungând până la $\rho = 0,25 \dots 0,45$. Utilizarea reacțiunii în ultimele etaje ale turbinelor cu acțiune e necesară pentru asigurarea unei creșteri continue a secțiunilor de trecere a aburului și pentru evitarea vitezelor supersonice ale aburului în ajutajele ultimelor etaje.

Satorul turbinelor cu acțiune se deosebește fundamental de cel al turbinelor cu reacțiune, deoarece are ajutajele fixate în diafragme cari creează camere etanșe, de egală presiune, în cari se rotesc discurile rotorului. Diafragma e constituită dintr'un disc găurit la mijloc, separat în două părți simetrice după diametrul orizontal (pentru a putea fi montat între discurile rotorului), și dintr'un inel exterior, constituit de asemenea din două segmente simetrice, prin cari diafragma se sprijine în carcasa turbinei sau într'o bucea intermediară (folosită pentru reducerea tensiunilor din carcasă, determinate de solicitările termice); la ajutajele frezate din bară, inelul exterior al dia-



1. Diafragme ale turbinelor multietajate cu acțiune.

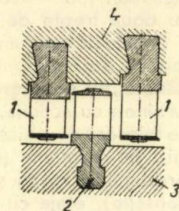
a) cu ajutaje frezate din bară; b) cu paletel statorice frezate și sudate; c) cu paletel statorice de tablă, încastate la turnarea diafragmei; 1) disc interior; 2) coroană exterioară; 3) paletă statorică; 4) inele intermediare; 5) sudură pentru fixarea inelelor intermediare; 6) sudură pentru fixarea paletelor pe inele; 7) locașul de fixare al dispozitivului de etanșare interioră; 8) ajutaj frezat.

fragmei e constituit din partea superioară a acestora. Diafragmele se execută din oțel forjat, din tablă de oțel turnat, sau din fontă (în partea de

joasă presiune). Ajutajele, frezate din bară, ștanțate, matrițate, executate prin turnare de precizie, sau din tablă, se fixează în diafragmă cu nituri (cele frezate), prin sudură (cele ștanțate, matrițate sau turnate), sau prin incastare la turnare (v. fig. I).

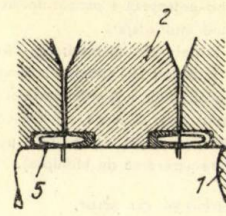
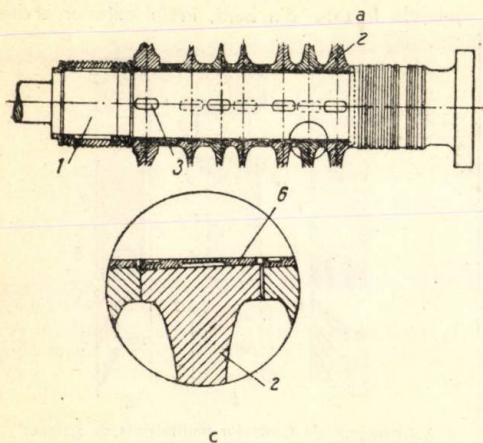
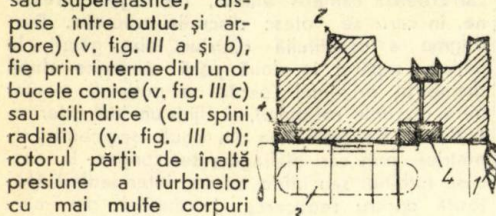
— Satorul turbinelor cu reacțiune nu are diafragme, paletetele directoare fiind fixate direct în carcasă sau în buceava intermediară (v. fig. II).

Rotorul turbinelor cu acțiune sau al părții de joasă presiune a unor turbine cu reacțiune de mare putere, cu condensafie, e constituit în general din mai multe discuri forjate, prelucrate separat și calate pe arbore, fie prin fretare și împănare (uneori completată cu inele elastice



II. Palete statorice, la o turbină multietajată, cu reacțiune.

1) paletă statorică; 2) paletă rotorică; 3) tobă; 4) carcasă.



III. Fixarea discurilor pe arborele turbinei.

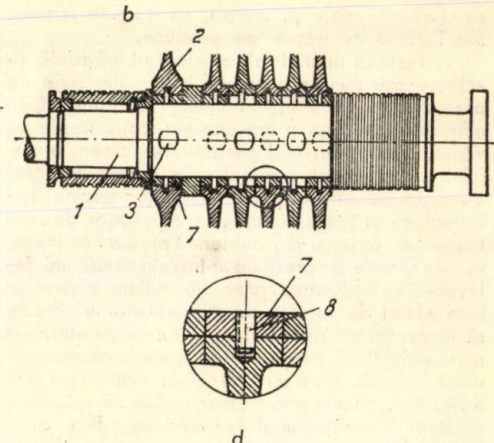
a) prin fretare și împănare cu inele elastice; b) prin fretare și împănare cu inele superelastice; c) cu bucea conică; d) cu bucea cilindrică și spini radiali; 1) arbore; 2) disc; 3) pană; 4) inel elastic; 5) inel superelastic; 6) bucea conică; 7) bucea cilindrică; 8) spin radial.

sau partea din spre înalta presiune a rotoarelor turbinelor cu un singur corp (cu acțiune) se execută uneori prin prelucrarea discurilor dintr-o piesă unică, forțată monobloc cu arborele (v. fig. IV a). — Rotorul turbinelor cu reacțiune se execută, în general, în formă de tobe masive, forjate

monobloc cu arborele, sau în formă de tobe asamblate (la extremități) cu cele două tronsoane ale arborelui, prin fretare și bulonare. Uneori, rotorul părții de joasă presiune, cu dublu flux, în formă de tobă, e asamblat la extremități cu câte o tobă masivă cu dimensiuni axiale mici, pe care sunt dispuse ultimele rânduri de paletete active (din spre condensator); se mai folosește tipul de rotor combinat din tobă și discuri fără alezaj central, rotor din discuri pline și sudate la periferie (v. fig. IV b), sau din discuri fixate pe arbore prin sudură (v. fig. sub Turbină înaintașă).

Paletetele turbinei sunt fixate în caneluri special profilate (v. fig. V), prelucrate în coroanele discurilor sau în suprafața cilindrică a tobei.

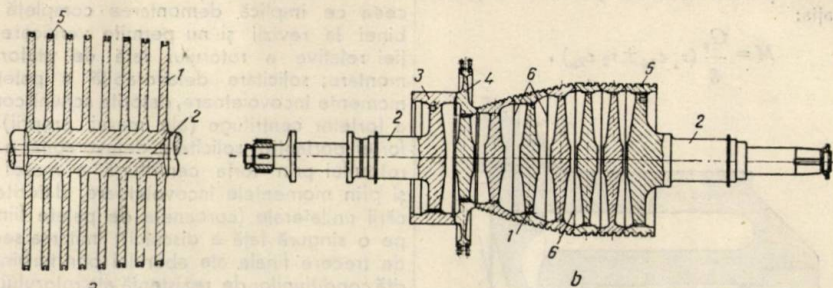
Carcasa se confecționează din oțel turnat, în partea de înaltă presiune, și din fontă sau din tablă de oțel sudată, în partea de joasă presiune; forma carcasei depinde de valorile inițiale ale mărimilor de stare ale aburului, de forma rotorului, de dispoziția etajelor (simplu flux, multiplu flux), de presiunea dela sfârșitul expansiunii aburului în turbină (condensafie sau contrapresiune), de numărul și natura prizelor de prelevare a aburului, de sistemul de reglare, etc. Dacă numărul etajelor e mare, turbina se execută în mai multe corpuri dispuse în serie, situate în general pe o singură



axă comună arborilor rotoarelor, asamblați prin acuplări. Dispoziția în corpuri multiple se adoptă pentru evitarea rotoarelor cu deschideri prea mari între paliere și, uneori, din necesități constructive impuse de alcătuirea circuitului termic al instalației (supraîncălzire intermediară, prize

de prelevare, etc.). Turbinele multietajate axiale se reglează, în general, prin admisiune (reglare

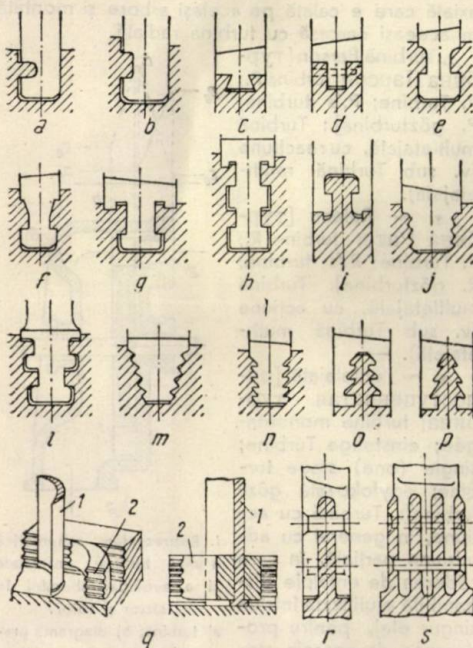
presiune. Statorul se compune din unul sau din mai multe discuri, în cari se fixează paletetele di-



IV. Tipuri de rotoare pentru turbine multietajate.

a) rotor monobloc al unei turbine cu acțiune; b) rotor din discuri sudate al unei turbine cu reacțiune; 1) disc; 2) arbore; 3) tobă de echilibrare; 4) discul etajului de reglare; 5) șanț profilat pentru fixarea paletetelor; 6) sudură.

cantitativă). Sin. (parțial) Turbină Parson, Turbină Rateau.

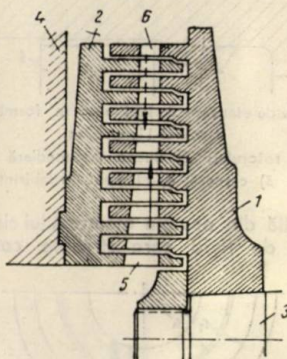


V. Forme constructive ale piciorului paletetelor rotorice și statorice (la turbinele cu reacțiune).

a) și b) cu creștătură pentru paletete statorice și rotorice, cu solicitare mică la tracțiune; c) picior în formă de coadă de rândunică; d) picior prismatic (fixare prin nituri); e), f) și g) picior în formă de ciocan; h) și i) picior în formă de dublu ciocan; j) formă de călăreț; k) formă de filet; l) formă de filet cu egală solicitare a flancurilor; m) formă de ferestru; n) și o) formă de brad; p) picior obținut prin refulearea tăpii profilului (fixare prin piesa de distanțare); r) și s) formă de turcă (fixare prin nituri); 1) paletă; 2) piesă de distanțare.

1. Turbină multietajată radială: Turbină radială, cu reacțiune și contrapresiune, cu mai multe etaje de

reacțiune, perpendicular pe una dintre suprafețele frontale ale discurilor, în cercuri concen-



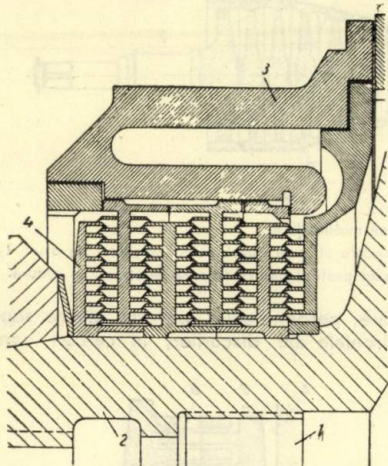
I. Reprezentare schematică a unei turbine radiale.

1) rotor; 2) stator; 3) arbore; 4) carcasă; 5) paletă directoare (statorică); 6) paletă rotorică.

trice (v. fig. I); discurile statorului sunt solidarizate cu carcasa turbinei. — Rotorul e format dintr'un număr de discuri egal cu cel al discurilor statorului, calate pe arborele turbinei; pe suprafețele frontale ale acestor discuri, opuse celor pe cari sunt fixate paletetele directoare, sunt fixate paletetele rotorice, în cercuri concentrice cari alternează cu cele ale paletetelor directoare. — Carcasa nu are, în general, un plan transversal de secționare, montarea rotorului, a statorului și a elementelor dispozitivului de etanșare făcându-se axial. — Dispozitivul de etanșare a turbinei spre exterior e format din labirinturi constituite din inele cu piepteni concentrice (v. fig. II). — Mecanismul de reglare e de obicei o valvă de laminare, reglajul turbinei fiind în general calitativ; uneori turbina radială multietajată e precedată de un etaj radial de reglare cu acțiune, cu admisiune parțială, ceea ce permite reglajul cantitativ.

Cuplul motor exercitat de abur asupra unei coroane de palete rotorice poate fi exprimat prin relația:

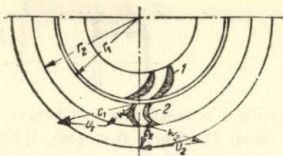
$$(1) \quad M = \frac{G_s}{g} (r_1 c_{1u} \pm r_2 c_{2u}),$$



II. Dispozitiv de etanșare cu labirinturi în formă de brad al turbinei Ljungström.

1) arborele rotorului; 2) bucea intermediară a rotorului; 3) carcasă; 4) element de labirint.

care rezultă din ecuația momentului cinetic, pentru masa de fluid care străbate coroana de



III. Secțiune prin paletaj și triunghiurile de viteză ale unei turbine radiale.

1) paletă directoare; 2) paletă rotorică; r_1 și r_2 razele corespunzătoare muchiilor de intrare și de ieșire ale paletelor rotorice; c_1 și c_2 vitezele absolute de intrare și de ieșire din rotor; w_1 și w_2 vitezele relative de intrare și de ieșire din rotor; u_1 și u_2 vitezele periferice ale rotorului măsurate pe cercurile cu rază r_1 , r_2 .

palete rotorice respectivă (v. fig. III). Puterea transmisă unei coroane se determină din relația:

$$(2) \quad M \omega = \frac{G_s}{g} (u_1 c_{1u} \pm u_2 c_{2u}),$$

în care ω e viteza unghiulară a rotorului, iar u_1 și u_2 sunt vitezele periferice ale coroanei de palete rotorice.

Avantajele turbinei radiale multietajate, față de turbina axială de aceeași putere, consistă în dimensiunile axiale mai mici și în randamentul mai mare (în cazul valorilor inițiale mari ale mărimilor de stare ale aburului și al puterii

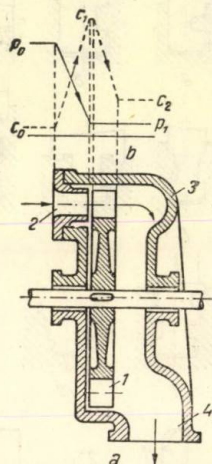
lor mijlocii și mici). Desavantajele turbinei consistă în următoarele: montajul axial al turbinei, ceea ce implică demontarea completă a turbinei la revizii și nu permite verificarea poziției relative a rotorului față de stator, după montare; solicitare defavorabilă a paletelor la momente încovoietoare, datorite acțiunii combinate a forțelor centrifuge (ale masei proprii) și ale forței portante; solicitare defavorabilă a discului rotorului prin forța centrifugă a masei proprii și prin momentele încovoietoare, datorite încărcării unilaterale (coroanele de palete fiind fixate pe o singură față a discului); limitarea secțiunilor de trecere finale ale aburului prin turbină, datorită condițiilor de rezistență ale rotorului (a cărui viteză periferică nu poate depăși $u_{max} \approx 180$ m/s), ceea ce nu permite folosirea acestor turbine decât cu contrapresiune sau ca unitate de putere mică și mijlocie. Uneori, pentru a face posibilă expandarea aburului până la presiunea condensatorului, se asociază turbina radială cu o turbină axială care e calată pe același arbore și montată în aceeași carcasă cu turbina radială.

1. Turbină Parson [Турбина Парсон; turbine P.; P. Turbine; P.'s turbine; P. gőzturbina]: Turbină multietajată, cu reacțiune (v. sub Turbină multietajată).

2. ~ Rateau [Турбина Ратто; turbine R.; R. Turbine; R.'s turbine; R. gőzturbina]: Turbină multietajată, cu acțiune (v. sub Turbină multietajată). —

3. ~ unietajată [одноступенчатая турбина; turbine monoetajée; einstufige Turbine; single (one) stage turbine; egyfokozatú gőzturbina]: Turbină cu acțiune, în general cu admisiune parțială, în care căderea de entalpie disponibilă e utilizată într'un singur etaj, pentru producerea de energie stereomecanică (v. fig. I).

Statorul turbinei e constituit din unul sau din mai multe ajuteje dispuse de-a-lungul unui sector circular la periferia rotorului, cu axele în plane tangente la cerul mediu al rotorului. Forma ajutejelor e în general convergent-divergentă, deoarece transformarea în energie cinetică, într'un singur etaj, a întregii căderi disponibile a turbinei conduce la viteze supersonice ale aburului



I. Reprezentare schematică a unei turbine unietajate și a evoluției aburului în stator și rotor.

a) turbină; b) diagrama presiunilor și a vitezelor; 1) rotor; 2) stator; 3) carcasă; 4) tubulură de evacuare; p_0) presiunea inițială a aburului; p_1) presiunea la sfârșitul expansiunii în stator; c_0) viteză de intrare în stator; c_1) viteza la intrarea în rotor; c_2) viteza de ieșire din rotor.

în ajutaje. — Rotorul e constituit dintr'un singur disc cu palete, care se execută fie negăurit (având forma unui solid de egală rezistență) și fixat de cele două părți ale arborelui prin flanșe și șuruburi, fie găurit și fixat pe arbore prin fretare și împănare. Paletele se montează uneori axial, forma piciorului și a locașului din coroana discului fiind cilindrică (v. fig. II).

Turbina se reglează prin laminarea aburului la admisiune, printr'o supapă comandată de un regulator de presiune. Aburul din conducta de admisiune trece, prin supapa de laminare, într'o încăpere în formă de tor (constituită chiar de carcasa turbinei) și apoi în ajutaje; după expansiunea în ajutaje și trecerea prin rețeaua de palete rotative, aburul e evacuat la o presiune în general superioară presiunii atmosferice.

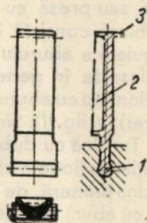
Căderea de entalpie utilizată în turbina unietațată nu depășește 45...50 kcal/kg. Datorită vitezei mari a aburului la ieșirea din ajutaje și datorită vitezei periferice pe care aceasta o determină, turația rotorului atinge valori foarte mari (9000...30 000 rot/min).

Avantajele acestei turbine consistă în simplitatea relativă a construcției, în gabaritul mic (datorită turației înalte) și randamentul aproximativ constant la variațiile de sarcină ale turbinei. Desavantajele consistă în randamentul mic (datorit pierderilor mari la ieșire, necesare pentru obținerea unei viteze periferice mici, frecărilor mari la trecerea prin palete și pierderilor prin frecare și ventilație, proporționale cu viteza periferică) și în turația înaltă, care implică folosirea reductoarelor pentru cuplarea cu mașini de lucru.

Turbina unietațată se construiește numai ca unitate de mică putere (la care economia de abur nu prezintă importanță), în scopuri secundare (de ex. antrenarea unei suflante, a unei turbopompe, a unui generator de curent pentru iluminarea navelor, etc.). Sin. Turbină Laval, Turbină cu un etaj de presiune.

După direcția fluxului de abur, se deosebesc turbine axiale, radiale și radial-axiale.

1. Turbină axială [аксиальная (осевая) турбина; turbine axiale; Achsialturbine; axial flow turbine; axialis gözturbina]: Turbină în care curentul de abur descrie o curbă situată pe o suprafață de revoluție în jurul axului turbinei. În general, turbinele cu abur se construiesc ca turbine axiale, avantajele acestora consistând în repartiția favorabilă a solicitării rotorului, în posibilitatea reglării cantitative, în posibilitatea de a construi unități foarte mari, în ușurința de montare și posibilitatea de control relativ ușor.



II. Paletă rotorică folosită la turbinele unietațate.

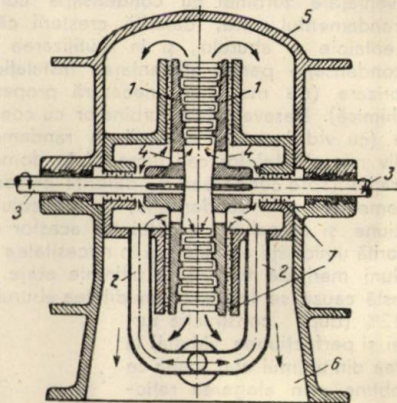
1) picior cilindric pentru montaj axial; 2) partea activă; 3) nervură de rigidizare (înlocuiește bandajul).

2. ~ radială [радиальная паровая турбина; turbine radiale; Radialturbine; radial flow turbine; radialis gözturbina]: Turbină în care curentul de abur, centripet sau centrifug, descrie o curbă cuprinsă într'un plan perpendicular pe axa turbinei. Se poate construi ca turbină cu acțiune sau ca turbină cu reacțiune, cu condensajie sau contrapresiune, cuasietajată sau multietajată. —

Exemplu de turbină radială:

3. Turbină Ljungström: Sin. Turbină [radială fără stator.

4. Turbină radială fără stator: Turbină radială multietajată, fără stator, în general cu condensajie, care funcționează cu un grad de reacțiune egal cu unitatea (v. fig.). Paletele sunt dispuse în



Reprezentare schematică a turbinei Ljungström.

1) disc; 2) conductă de admisiune; 3) arbore; 4) sursă de admisiune; 5) colector; 6) tubulură de evacuare; 7) dispozitive de etanșare.

coroane concentrice, alternativ pe două discuri cari se rotesc în sensuri contrare, discurile fiind montate în consoli pe arbori independenți (fiecare arbore antrenând câte un generator electric, de putere egală cu jumătate din puterea turbinei).

Aburul intră prin conductele 2 și prin găurile 4 ale discurilor, trece în spațiul inelar central dinaintea primei coroane de palete; el străbate turbina de la centru spre periferie, de unde prin colectorul 5 e dirijat spre tubulura de evacuare 6. Sin. Turbină Ljungström. —

5. ~ radial-axială [радиально-осевая турбина (емешанного типа); turbine radiale-axiale; Radial-achsialturbine; radial-axial turbine; radialis-axialis gözturbina]: Turbină axială în partea de joasă presiune și radială în partea de înaltă presiune. Acest tip de turbină se construiește rar. —

După presiunea aburului la ieșirea din turbină, se deosebesc, turbine cu condensajie, cu contrapresiune, cu emisiune (în atmosferă), și cu prelevare de abur.

6. Turbină cu condensajie [конденсационная турбина; turbine à condensation; Kondensations-turbine; condensation turbine, condensing turbine;

konvenszáción gőzturbiná]: Turbină în care presiunea de sfârșit de expansiune a aburului e inferioară presiunii atmosferice, datorită vidului produs într'un condensator legat cu tubulura de evacuare a turbinei. Prin condensarea aburului la o temperatură apropiată de aceea a apei de răcire, se realizează în condensator o presiune de 0,1...0,035 ata; această presiune e mai înaltă decât cea teoretică (corespunzătoare temperaturii apei de răcire), deoarece transferul de căldură dela abur la apă are nevoie de o cădere de temperatură, iar aerul care pătrunde în condensator provoacă condensarea aburului la presiunea parțială a amestecului abur-aer. Turbina cu condensafie se execută, în general, multietajată.

Avantajele turbinei cu condensafie consistă în randamentul mare, datorită creșterii căderii de entalpie a aburului, și în reutilizarea apei de condensafie pentru alimentarea instalației de vaporizare (ne mai fiind necesară prepararea ei chimică). Desavantajele turbinelor cu condensafie (cu vid înaintat) consistă în randamentul relativ mic al etajelor cari lucrează în domeniul saturației (spre condensator), datorită pierderilor suplimentare prin condensafie, în pericolul de eroziune și coroziune a paletelor acestor etaje (datorită umidității aburului) și în necesitatea unor secțiuni mari de trecere la ultimele etaje. Din această cauză se limitează umiditatea aburului la 8...12% (după construcția turbinei și perfecțiunea vidului) la ieșirea din ultimul etaj, ceea ce se obține prin alegerea rațională a valorilor inițiale ale mărimilor de stare ale aburului (presiune și temperatură optime, corespunzătoare acestei presiuni) sau prin supraîncălzirea intermediară a aburului (prin întreruperea expansiunii acestuia în turbină); separat, se iau măsuri de protejare a paletelor rotative, prin călirea superficială a muchiei de intrare sau prin acoperirea ei cu plăcuțe de metal dur (v. fig. 1), cum și prin extragerea apei din aburul umed din ultimele etaje.

Turbinele cu condensafie se folosesc în centrale termoelectrice (v. planșa), în centrale industriale (ca turbine cu abur uzat) și la nave (pe cari se montează numai turbine cu condensafie).

Exemple de turbine cu condensafie:

1. Turbină cu abur acumulat: Turbină cu condensafie, de joasă presiune, folosită în unele centrale electrice pentru acoperirea vârfurilor de sarcină. Turbina e acționată de aburul dat de un acumulator. Sin. Turbină cu abur de acumulator.

2. Turbină cu abur de acumulator: Sin. Turbină cu abur acumulat.

3. Turbină cu abur de emisiune: Sin. Turbină cu abur uzat.

4. Turbină cu abur uzat: Turbină cu condensafie de joasă presiune, acționată de aburul de emisiune dela o mașină primară (motor cu piston, ciocan sau presă cu abur). Desavantajul principal al turbinei consistă în admisiunea intermitentă și neregulată a aburului, obținut dela mașina primară. Se folosește în general nu mai ca turbină navală (funcționând cu aburul evacuat de motorul cu piston al navei) (v. fig. II). Sin. Turbină cu abur de emisiune.

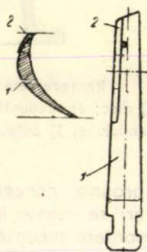
5. Turbină cu dublă alimentare: Turbină cu condensafie, acționată atât de abur uzat (provenit dela o mașină primară, de ex. motor cu piston, ciocan sau presă cu abur) sau de abur acumulat cât și de abur proaspăt (provenit dela o instalație de vaporizare).

Turbina cu abur uzat și cu abur proaspăt are o parte de înaltă presiune, acționată de aburul uzat (v. fig. III). Turbina se reglează astfel, încât pentru producerea puterii se folosește în primul rând aburul uzat disponibil, iar pentru puterea suplimentară (cerută la utilizare), aburul proaspăt. Mecanismul de reglare e constituit dintr'un regulator de turație și dintr'un regulator de presiune a aburului uzat. Această turbină e folosită, de obicei, în uzinele metalurgice, pentru acționarea compresoarelor de aer sau a suflantelor (cu rotor).

Turbina acționată de abur proaspăt și de abur acumulat (provenit dela un acumulator) e în general cu acțiune, având un etaj de reglare cu trepte de viteză, urmat de câteva etaje de presiune. Atât aburul proaspăt, cât și cel acumulat, traversează întreaga turbină; în mod normal, turbina funcționează cu abur proaspăt, iar când presiunea acestuia scade (la creșterea sarcinii), se deschid automat supapele de admisiune a aburului acumulat. Mecanismul de reglare e constituit dintr'un regulator de turație, un regulator de presiune a aburului proaspăt, un regulator al presiunii aburului acumulat și un regulator limitor de presiune (care acționează supapele de admisiune a aburului proaspăt și celui acumulat, în funcțiune de variațiile de sarcină ale turbinei și de presiunile celor două surse de abur). Această turbină e folosită la acoperirea vârfurilor de sarcină foarte mari, pentru intervale scurte de timp.

6. ~ cu contrapresiune [турбина с противодавлением; turbine à contrepression; Gegen-druckturbinen; counterpressure turbine, process turbine; ellenynyomású gőzturbiná]: Turbină în care presiunea de sfârșit de expansiune a aburului e superioară presiunii atmosferice, aburul evacuat din turbină fiind folosit în diferite scopuri. E caracterizată prin consum specific mare de abur (datorită căderilor de entalpie disponibile relativ mici) și prin randament intern în general mai mic decât cel al turbinelor cu condensafie și de aceeași putere; randamentul intern al turbinelor multietajate cu contrapresiune scade simțitor cu reducerea sarcinii. Se construiește ca turbină cu acțiune sau cu reacțiune, multietajată și cu etaj de reglare.

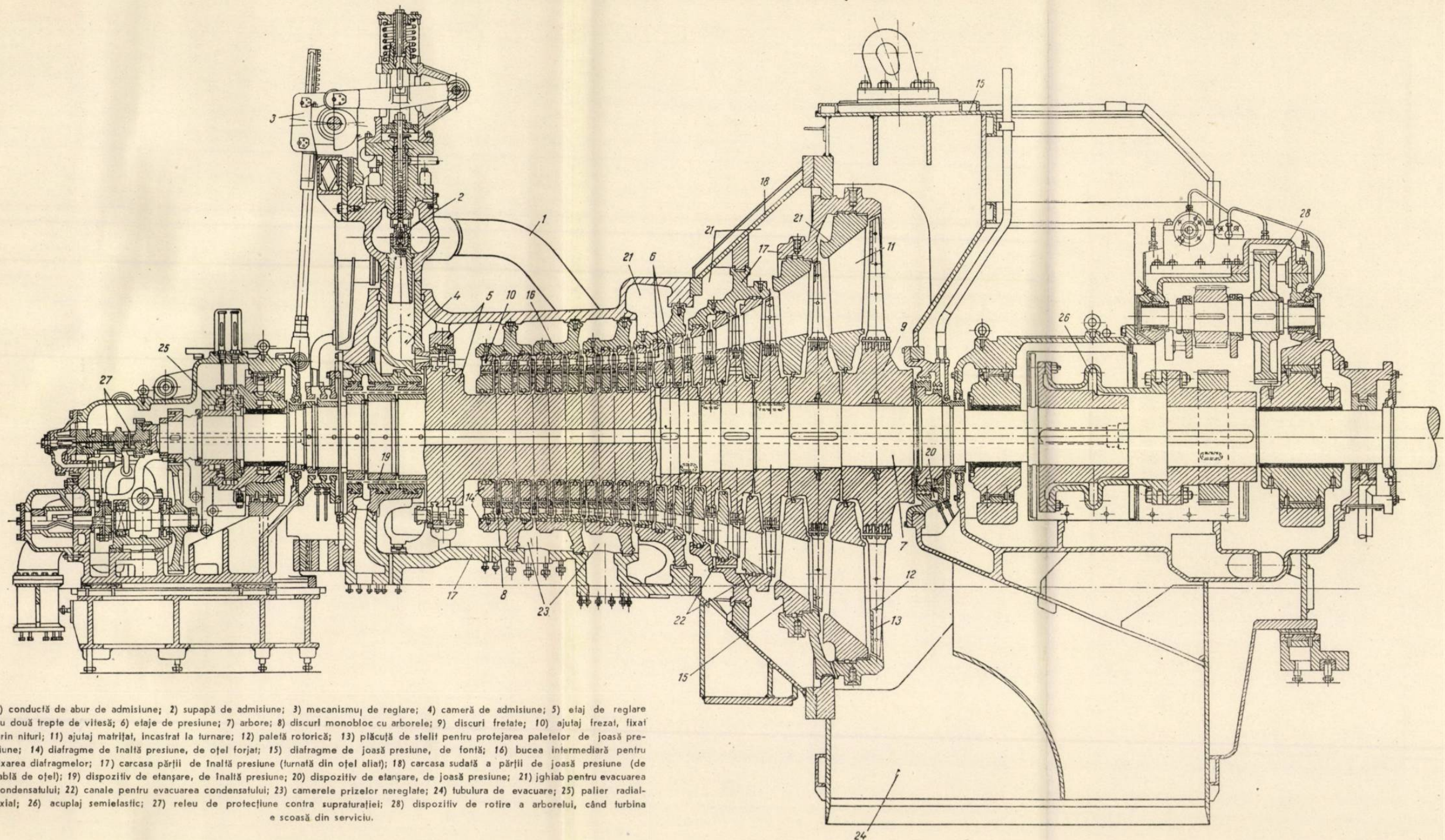
Turbina e echipată cu un regulator de turație și cu unul de presiune, reglatoare cari adaptează puterea turbinei și presiunea aburului



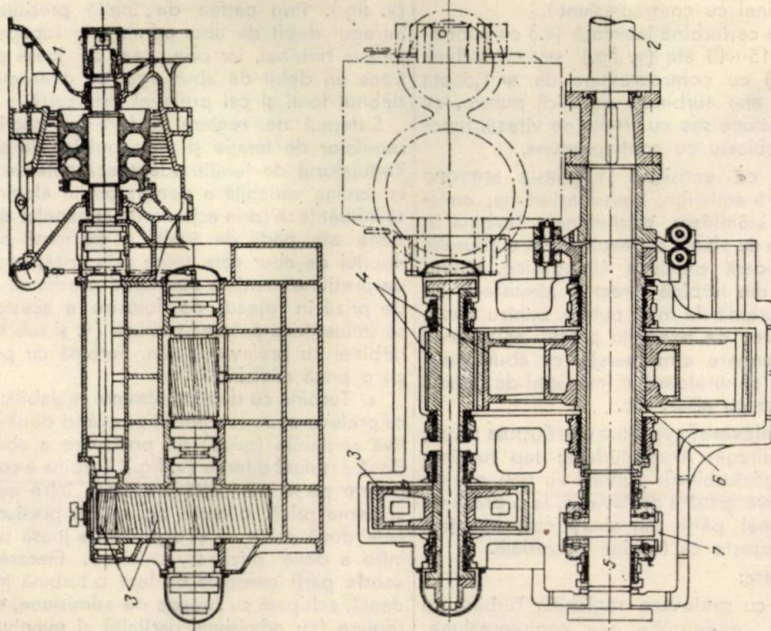
1. Palea rotorică armată cu plăcuțe dure la muchia de intrare.

1) palea; 2) plăcuță de stălii.

Turbină cu condensajie, de mare putere
($N = 50\,000\text{ kW}$; $n = 3000\text{ rot/min}$; $p_0 = 90\text{ at}$; $t_0 = 480^\circ$; $p_c = 0,035\text{ ata}$).

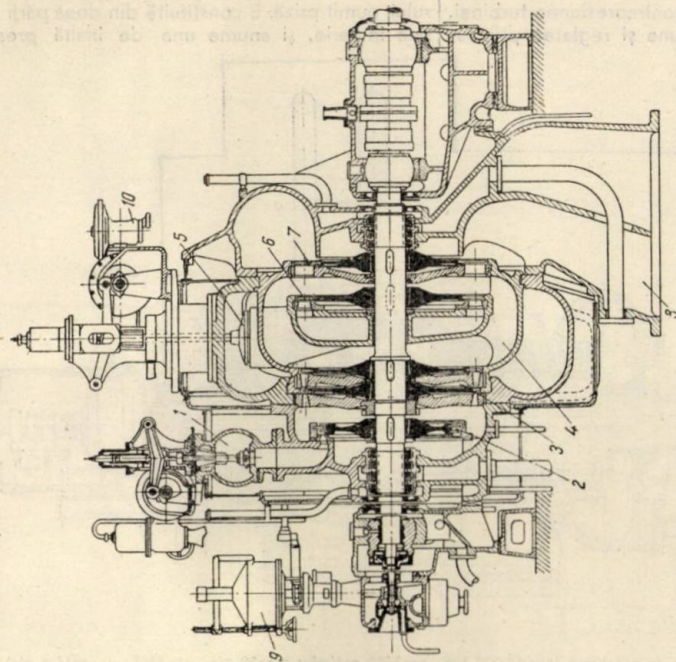


Turbine cu abur, cu condensajie.



II. Turbină navală cu abur uzat, provenit de la un motor cu piston ($N=950$ CP; $n=3400/76$ ro/min).

1) turbină; 2) arborele motorului cu piston; 3) primul angrenaj; 4) al doilea angrenaj; 5) arborele elicei; 6) arbore cav antrenat de angrenajul 4; 7) palier axial.

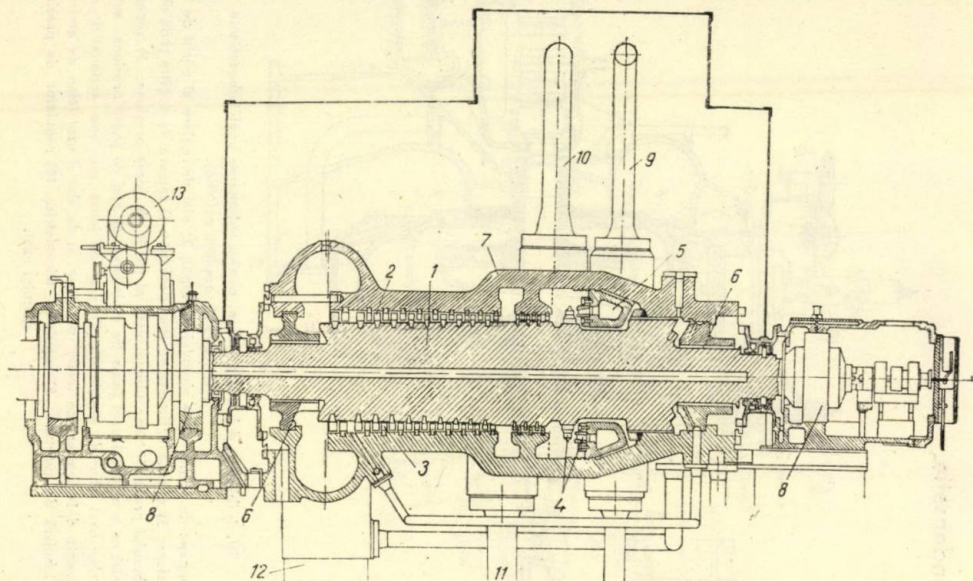


III. Turbină cu dublă alimentare, pentru antrenarea unei turbosulfante ($N=4000$ kW; $n=4000$ ro/min).

1) supapa de admisie a aburului proaspăt; 2) elaj de reglare al părții de înălțare a aburului; 3) elajele acționate de abur proaspăt; 4) cameră de ocire și de dirijare a aburului proaspăt către ultimul elaj al părții de joasă presiune; 5) supapa de admisie a aburului uzat (abur de emisie); 6) elaj de joasă presiune acționat de abur uzat (abur de emisie); 7) elaj de joasă presiune acționat de abur provenit de la partea de înălțare a aburului uzat (abur de emisie); 8) tubulură de evacuare; 9) regulator tahometric; 10) regulator de presiune a aburului uzat.

de emisie la condițiile de serviciu, menținând constantă turația și contrapresiunea turbinei. Reglarea prin contrapresiune și reglarea prin tu-

care are un dispozitiv reglabil de prelevare a aburului numit priză. E constituită din două părți montate în serie, și anume una de înaltă presiune,



Turbină cu contrapresiune cu reacție ($N=50\,000$ kW; $n=3600$ rot/min; $p_0=89$ ata; $\theta=496^\circ$; $p_{cp}=16,5$ ata).

1) rotor; 2) palete rotorice; 3) palete statice; 4) etaj de reglare; 5) cameră de admisiune; 6) dispozitiv de elanșare; 7) carcasă; 8) palier; 9) conductă de admisiune; 10) conductă de admisiune pentru reglare prin ocolire; 11) priză nereglată; 12) tubulură de evacuare; 13) dispozitiv de rotire a arborelui, când turbina e scoasă din serviciu.

rație nu pot fi efectuate simultan (v. și sub Reglarea turbinei cu contrapresiune).

Se folosește ca turbină înaintașă (v.) cu contrapresiune de $15\cdots 40$ ata (v. fig.) sau ca turbină industrială (v.) cu contrapresiune de $\approx 1,5$ ata sau de $6\cdots 13$ ata; turbinele de mică putere, cu un etaj de presiune sau cu trepte de viteză, funcționează de obicei cu contrapresiune.

1. Turbină cu emisie [турбина мятого пара; turbine à émission; Emissionsturbine; emission turbine; kiömléses gőzturbina]: Turbină în care presiunea de sfârșit de expansiune a aburului e puțin superioară presiunii atmosferice, aburul fiind evacuat din turbină direct în atmosferă. Se folosește ca turbină de mică putere, pentru unele servicii auxiliare, de exemplu pentru antrenarea pompelor de ungere a motoarelor cu abur, pentru antrenarea generatoarelor instalației de lumină a locomotivelor cu abur, etc.

2. ~ cu prelevare [турбина с отбором пара; turbine à soutirage; Anzapfturbine; tap turbine; gözelvételes gőzturbina]: Turbină cu unu sau cu două dispozitive pentru prelevarea, la o presiune prescrisă, a unei părți din aburul care o acționează. Se folosește ca turbină industrială.

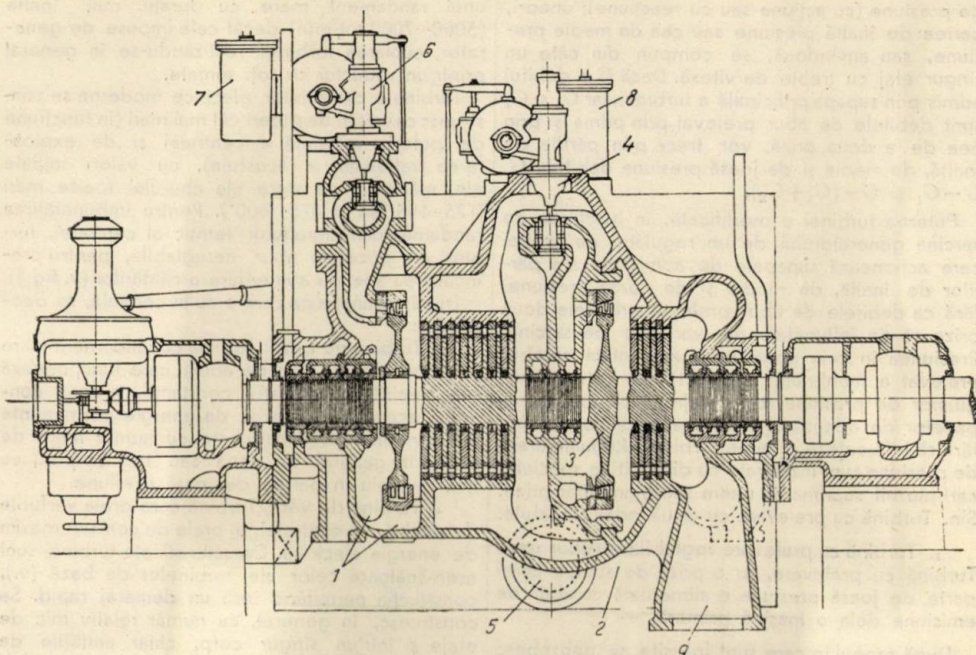
Se deosebesc:

1. Turbină cu prelevare reglabilă: Turbină cu prelevare, cu condensatie sau contrapresiune,

până la priză, și alta de joasă presiune, după priză (v. fig.). Prin partea de înaltă presiune trece întregul debit de abur admis prin supapa principală a turbinei, iar prin cea de joasă presiune trece un debit de abur egal cu diferența dintre debitul total și cel prelevat prin priză.

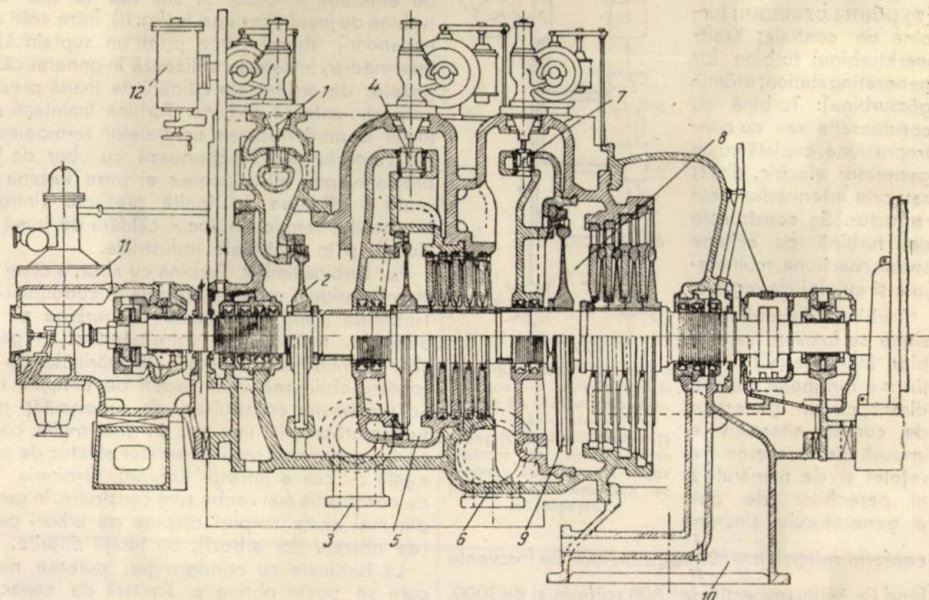
Sistemul de reglare a turbinei cuprinde un regulator de turație și un regulator de presiune. Regulatorul de turație adaptează puterea turbinei la sarcina variabilă a generatorului electric, fără să influențeze (prin acționarea supapelor de admisiune ale părții de înaltă și de joasă presiune) debitul de abur care trece prin priză; regulatorul de presiune menține constantă presiunea aburului de priză în rețeaua de folosire a acestuia, fără să influențeze puterea turbinei (v. și sub Reglarea turbinei cu prelevare). Sin. Turbină cu prelevare cu o priză reglabilă.

4. Turbină cu dublă prelevare reglabilă: Turbină cu prelevare, cu condensatie, având două dispozitive reglabile (prize) de prelevare a aburului la două presiuni diferite (v. fig.). Turbina e constituită dintr-o parte de înaltă presiune, între admisiune și prima priză, o parte de medie presiune, între cele două prize — și o parte de joasă presiune, între a doua priză și emisie. Fiecare dintre aceste părți constituie de fapt o turbină independentă, echipată cu supape de admisiune, etaje de reglare (cu admisiune parțială) și eventual etaje



Turbină cu abur, cu prelevare reglabilă, cu contrapresiune ($N=4000$ kW; $n=3000$ rot/min; $p_0=33$ ata; $t_0=500^\circ$).

- 1) partea de înaltă presiune; 2) partea de joasă presiune; 3) etaje de reglare; 4) supapă de reglare a prizei; 5) tubulura de prelevare a aburului; 6) supapă de admisiune; 7) regulatorul contrapresiunii; 8) regulatorul de prelevare; 9) tubulură de evacuare.



Turbină cu abur cu dublă prelevare reglabilă ($N=3150$ kW; $n=3000$ rot/min; $p_0=24$ ata; $t_0=350^\circ$; $p_c=0,04$ ata).

- 1) supapa de admisiune a aburului proaspăt; 2) partea de înaltă presiune (turbină cuasetajată cu două trepte de viteză); 3) prima priză reglabilă; 4) supapa de reglare a primei prize; 5) partea de medie presiune (turbină multietajată); 6) a doua priză reglabilă; 7) supapa de reglare a celei de a doua prize; 8) partea de joasă presiune (turbină multietajată); 9) etaje de reglare; 10) tubulură de evacuare; 11) regulator tahometric; 12) regulator de presiune al primei prize.

de presiune (cu acțiune sau cu reacțiune); uneori, partea de înaltă presiune sau cea de medie presiune, sau amândouă, se compun din câte un singur etaj cu trepte de viteză. Dacă G e debitul admis prin supapa principală a turbinei, iar G_1 și G_2 sunt debitele de abur prelevat prin prima și prin cea de a doua priză, vor trece prin părțile de înaltă, de medie și de joasă presiune debitele G , $G - G_1$ și $G - (G_1 + G_2)$.

Puterea turbinei e modificată, în funcțiune de sarcina generatorului, de un regulator de turație, care acționează supapele de admisiune ale părților de înaltă, de medie și de joasă presiune, fără ca debitele de abur prelevat prin cele două prize să fie influențate de variațiile de sarcină. Presiunea în cele două rețele alimentate cu abur prelevat e menținută constantă de către un regulator de presiune, care acționează asupra supapelor de admisiune și asupra celor două prize, fără să influențeze puterea turbinei. Regulatele de presiune sunt înzestrate cu dispozitive speciale, cari permit suprimarea uneia sau a ambelor prize. Sin. Turbină cu prelevare cu două prize reglabile.

1. Turbină cu prelevare reglabilă, cu abur uzat: Turbină cu prelevare, cu o priză de abur, a cărei parte de joasă presiune e alimentată cu abur de emisiune dela o mașină primară. —

După scopul în care sunt folosite, se deosebesc turbine de centrale industriale, navale, de locomotivă, etc.

2. Turbină de centrală [турбина станции; turbine de centrale; Kraftwerk turbine; turbine for generating station; erőműgőzturbina]: Turbină cu condensafie sau cu contrapresiune, cuplată cu un generator electric, direct sau prin intermediul unui reductor. Se construiește ca turbină cu acțiune sau cu reacțiune, multietajată și cu etaj de reglare.

Turbinele cu contrapresiune se folosesc ca turbine înaintașe (v.). Turația n a turbinelor cuplate direct cu un generator de curent alternativ e impusă de frecvența f a rețelei și de numărul p al perechilor de poli ai generatorului sincron,

conform relației: $n = 60 \frac{f}{p}$ rot/min (turațiile frecvente fiind de 3600, respectiv de 1800 rot/min, și de 3000, respectiv de 1500 rot/min). Turbinele înaintașe de putere mijlocie (6000...12 000 kW), la cari valorile inițiale ale mărimilor de stare ale aburului sunt mari, se construiesc uneori, în vederea obținerii

unui randament mare cu turații mai înalte (5000...7000 rot/min) decât cele impuse de generator, cuplarea turbinei realizându-se în general printr'un reductor cu roți dințate.

Turbinele centralelor electrice moderne se construiesc ca unități de puteri cât mai mari (în funcțiune de puterea instalată a centralei și de exploatarea rațională a acesteia), cu valori inițiale ale mărimilor de stare ale aburului foarte mari (125...195 ata și 475...600°). Pentru îmbunătățirea randamentului circuitului termic al centralei, turbina are prize de abur nereglabile, pentru încălzirea apei de alimentare a căldărilor (v. fig. I).

După destinația pe care o au în centrală, se deosebesc:

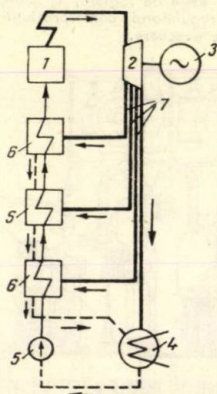
3. Turbină de bază: Turbină cu randament mare (consum specific mic de abur), care funcționează sub sarcină aproximativ constantă, în mod continuu, acoperind cererile de energie permanente ale centralei. Se construiește cu număr mare de etaje, în general în două sau trei corpuri, cu flux multiplu în partea de joasă presiune.

4. Turbină de vârf: Turbină care preia vârfurile de sarcină ale centralei, în orele de consum maxim de energie electrică. Caracteristicile turbinei sunt asemănătoare celor ale turbinelor de bază (v.), construcția permițând însă un demaraj rapid. Se construiesc, în general, cu număr relativ mic de etaje și într'un singur corp, chiar unitățile de puteri mari. (V. fig. sub Turbină cu condensafie).

5. Turbină înaintașă: Turbină cu contrapresiune, acționată de abur de înaltă presiune, la care aburul de emisiune e folosit în una sau în mai multe turbine de joasă presiune (v. fig. II). Între cele două expandări, aburul trece printr'un supracălzitor intermediar, în care se utilizează în general căldura gazelor de ardere ale căldării de înaltă presiune, care alimentează turbina. Turbina înaintașă e folosită la modernizarea centralelor termoelectrice ale căror turbine funcționează cu abur de joasă presiune, prin introducerea ei între turbina existentă și căldarea de înaltă presiune (introdusă în circuitul termic, în locul căldării de joasă presiune), și în centralele industriale.

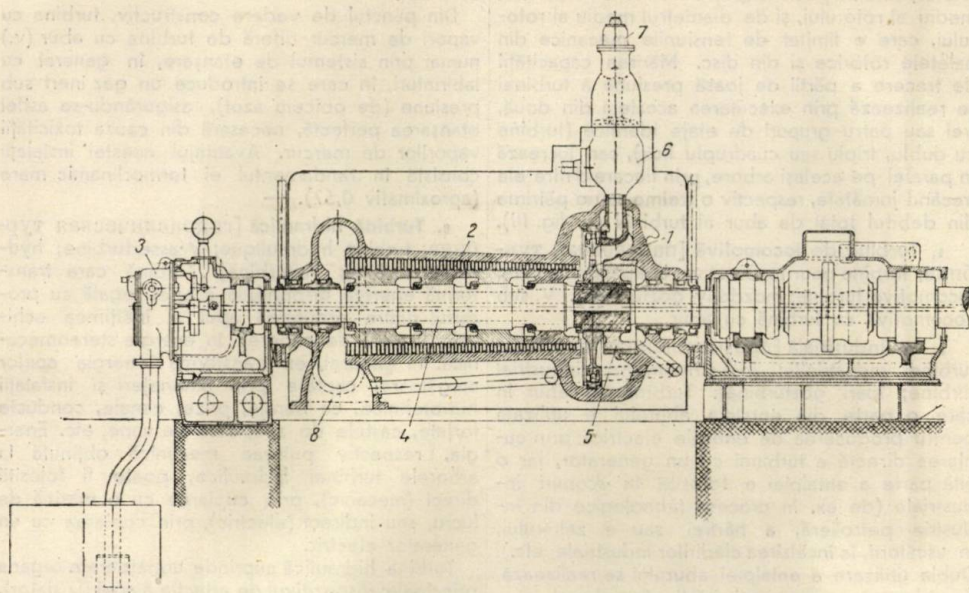
6. Turbină limită: Turbină cu abur, a cărei construcție asigură puterea maximă în condițiuni date. Turbina limită se execută ca turbine cu condensafie, multietajate, întrebuintând în general abur cu valori inițiale mari ale mărimilor de stare (pentru obținerea unei căderi de entalpie mari). Se urmărește construirea de superunități pe un singur arbore, în unul sau în mai multe corpuri, pentru acționarea unui generator electric de putere egală cu cea a întregii turbine; turbinele limită de construcție mai veche sunt construite, în general, din mai multe corpuri dispuse pe arbori paraleli (de obicei doi arbori), cu turații diferite.

La turbinele cu condensafie, puterea maximă care se poate obține e limitată de capacitatea de absorbire a debitului de abur de către partea de joasă presiune și în special de ultimul etaj, deci de secțiunea de trecere a aburului prin coroana de palete rotorice a ultimului etaj; mă-



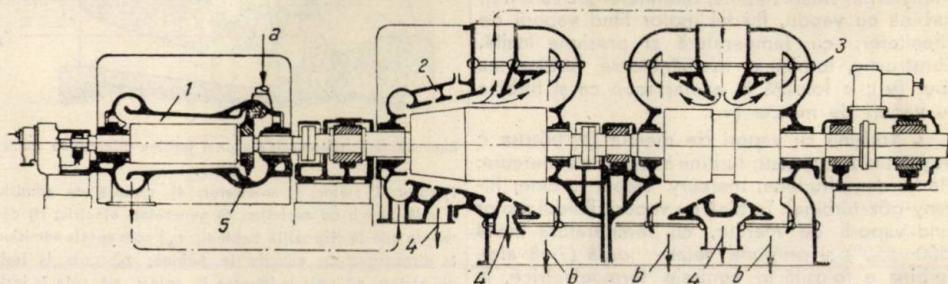
I. Circuitul termic recuperativ al unei turbine cu condensafie dintr-o centrală termoelectrică.

1) cazan; 2) turbină; 3) generator electric; 4) condensator; 5) pompă de condensat; 6) recuperatoare; 7) prize nereglabile.



II. Turbină înaintașă de înaltă presiune ($N=20\,000\text{ kW}$; $n=3000\text{ rot/min}$; $p_0=120\text{ ata}$; $t_0=475^\circ$; $p_{cp}=17\text{ ata}$).

- 1) etaj de reglare; 2) etaje de presiune, cu reacțiune; 3) regulator tahimetric; 4) rotor cu discuri sudate; 5) tobă de echilibrare; 6) supapă de admisiune; 7) servomotorul supapei de admisiune; 8) tubulură de evacuare.



III. Turbină limită, cu trei corpuri pe un singur arbore, cu triplu flux ($N=150\text{ MW}$; $n=3000\text{ rot/min}$; $p_0=110\text{ ata}$; $t_0=525^\circ$; $p_R=0,07\text{ ata}$).

- 1) corp de înaltă presiune; 2) corp de medie și de joasă presiune; 3) corp de joasă presiune; 4) priză neregabilă pentru preîncălzirea apei de alimentare; 5) etaj de reglare; a) admisiunea aburului proaspăt; b) evacuarea aburului în condensator.

rimea acestei secțiuni depinde de înălțimea paletelor, care nu poate depăși o treime din diametrul mediu al rotorului, și de diametrul mediu al rotorului, care e limitat de tensiunile mecanice din paletelor rotative și din disc. Mărirea capacității de trecere a părții de joasă presiune a turbinei se realizează prin executarea acesteia din două, trei sau patru grupuri de etaje identice (turbine cu dublu, triplu sau cuadruplu flux), cari lucrează în paralel pe același arbore, prin fiecare dintre ele trecând jumătate, respectiv o treime sau o pătrime din debitul total de abur al turbinei (v. fig. III).

1. Turbină de locomotivă [паровозная турбина; turbine pour locomotive; Lokomotivturbine; locomotive turbine; mozdony gőzturbina]. V. sub Locomotivă cu turbină cu abur.

2. ~ industrială [промышленная турбина; turbine industrielle; Industrieturbine; industrial turbine; ipari gőzturbina]: Turbină cu abur în care o parte din entalpia aburului e utilizată pentru producerea de energie electrică, prin cuplarea directă a turbinei cu un generator, iar o altă parte a entalpiei e folosită în scopuri industriale (de ex. în procese tehnologice din industria petroliferă, a hârtiei sau a zahărului, în uscătorii, la încălzirea clădirilor industriale, etc.). Dubla utilizare a entalpiei aburului se realizează, fie prin extragerea unei părți din aburul care acționează turbina (după expansiunea pe o fracțiune din căderea de entalpie disponibilă) sau prin folosirea aburului de emisie al turbinei cu contrapresiune, fie simultan prin ambele procedee. Avantajul turbinelor industriale consistă în faptul că circuitul din care fac parte utilizează căderea de entalpie a aburului, cu un randament superior randamentului unei centrale care utilizează exclusiv turbogeneratoare.

3. ~ navală [судовая турбина; turbine marine; Schiffsturbine; marine turbine; hajó-gőzturbina]. V. sub Navă cu turbină cu abur. —

4. Turbină cu vapori de difenileter [турбина с паром дифенилового эфира; turbine à vapeur de diphényl'éther; Diphényl'äther-Dampf turbine; diphenylether steam turbine; difenilétergőz-turbina]: Turbină cu vapori, fluidul motor fiind vaporii de difenileter, cu temperatură și presiune înaltă. Constructiv, turbina e asemănătoare turbinei cu abur (v.); e folosită în același scop ca și turbina cu vapori de mercur (v.).

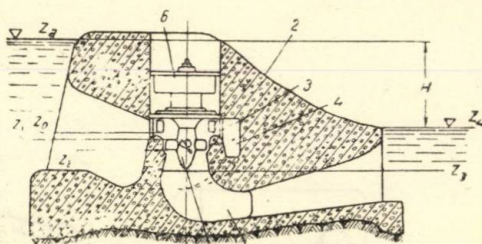
5. Turbină cu vapori de mercur [турбина с ртутными парами; turbine à vapeur de mercure; Merkurdampf turbine; mercury steam turbine; higany-gőz-turbina]: Turbină cu vapori, fluidul motor fiind vaporii de mercur, cu temperatură înaltă ($500\cdots 550^\circ$) și presiune relativ joasă ($7\cdots 8$ ata). Turbina e folosită în centrale termoelectrice, în cari instalația de turbine funcționează după ciclu complex (v. S.). Vaporii, obținuți în căldări speciale, sunt condensați într'un schimbător de căldură, după expansiunea în turbină, iar agentul răcitor (apa), care se încălzește la presiune relativ înaltă ($30\cdots 40$ ata) până la vaporizare, se folosește

în general ca fluid motor al turbinelor cu abur ale centralei.

Din punctul de vedere constructiv, turbina cu vapori de mercur diferă de turbina cu abur (v.) numai prin sistemul de etanșare, în general cu labirinturi, în care se introduce un gaz inert sub presiune (de obicei azot), asigurându-se astfel etanșarea perfectă, necesară din cauza toxicității vaporilor de mercur. Avantajul acestei instalații consistă în randamentul ei termodinamic mare (aproximativ 0,57). —

6. Turbină hidraulică [гидравлическая турбина; turbine hydraulique; Wasserturbine; hydraulic turbine; vızirturbina]: Turbină care transformă energia disponibilă a apei (egală cu produsul dintre greutatea apei și înălțimea echivalentă netă de cădere) în energie stereomecanică. În general, ea transformă energia apelor curgătoare, captate prin amenajeri și instalații hidrotehnice, ca baraje, prize, canale, conducte forțate, castele de apă, case de vane, etc. Energia, respectiv puterea mecanică obținută la arborele turbinei hidraulice, poate fi folosită direct (mecanic), prin cuplarea cu o mașină de lucru, sau indirect (electric), prin cuplarea cu un generator electric.

Turbina hidraulică cuprinde următoarele organe principale: dispozitivul de aducție a apei (la stator), statorul sau distribuitorul (cu injectoare sau cu pale directoare), rotorul, dispozitivul de evacuare și mecanismul de reglare. În stator, energia disponibilă (căderea netă) a apei e transformată, parțial sau total, în energie cinetică; în cupele sau în palele rotorului, prin variația momentului cinetic al apei și prin transformarea nemijlocită în energie stereomecanică a fracțiunii din căderea netă ne-transformată în stator, se obține cuplul motor la arborele turbinei.



Reprezentare schematică a unei turbine hidraulice cu reacțiune.

1) rotor; 2) stator; 3) anelstator; 4) cameră de admisiune spirală; 5) tub de aspirație; 6) generator electric; H) căderea de apă la dispoziția turbinei; z_a) cota apei la admisiunea în dispozitivul de aducție la turbină; z_0) cota la ieșirea din stator; z_1) cota la intrarea în rotor; z_2) cota la ieșirea din rotor; z_3) cota la intrarea în tubul de aspirație; z_4) cota la ieșirea din tubul de aspirație.

Din ecuația diferențială a mișcării relative a apei prin canalele curbe ale rotorului (în rotație), integrată între limitele corespunzătoare intrării și

ieșirii din acesta, se obține pentru turbina care funcționează în serviciu permanent

$$(1) \quad \frac{w_1^2 - u_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 + h_{r1} = \frac{w_2^2 - u_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_{r2},$$

unde w_1 și w_2 sunt vitezele relative de intrare și ieșire ale apei prin rotor, u_1 și u_2 sunt vitezele periferice la mijlocul muchiilor de intrare și de ieșire ale palelor rotorului, p_1 și p_2 sunt presiunile statice la intrarea și la ieșirea din rotor, z_1 și z_2 sunt înălțimile de poziție (cotele) la intrarea și la ieșirea din rotor, iar $h_r = h_{r2} - h_{r1}$ sunt pierderile în rotor (v. fig.). Știind că

$$w_1^2 = c_1^2 + u_1^2 - 2c_{u1}u_1 \quad \text{și} \quad w_2^2 = c_2^2 + u_2^2 - 2c_{u2}u_2,$$

c_{u1} și c_{u2} fiind proiecțiile pe direcțiile vitezelor respective u_1 și u_2 ale vitezelor absolute c_1 și c_2 ale apei, la intrarea și ieșirea din rotor, relația (1) devine

$$(2) \quad \left(\frac{c_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} + z_1 + h_{r1} \right) - \left(\frac{c_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + h_{r2} \right) = \frac{1}{g} (c_{u1}u_1 - c_{u2}u_2),$$

unde partea stângă a relației reprezintă diferența energiilor totale ale apei la intrarea și la ieșirea din rotor, iar partea dreaptă reprezintă căderea efectiv transformată în rotor. Relația (2), exprimată sub forma

$$(3) \quad gH\eta_h = c_{u1}u_1 - c_{u2}u_2,$$

reprezintă ecuația generală a turbinelor hidraulice, unde H e căderea netă la dispoziția turbinei și η_h e randamentul hidraulic al turbinei.

Bilanțul energetic al turbinei se exprimă sub forma

$$(4) \quad H - \frac{c_1^2}{2g} + \frac{c_2^2 - c_4^2}{2g} + \frac{w_1^2 - w_2^2}{2g} - \frac{u_1^2 - u_2^2}{2g} - \sum b_r = 0,$$

unde c_1 , c_2 și c_4 sunt vitezele absolute ale apei la intrarea în rotor, respectiv la ieșirea din rotor și la ieșirea din dispozitivul de evacuare, iar $\sum b_r = \zeta H$ e suma pierderilor prin turbină. Notând cu

$H_c = \frac{c_1^2}{2g}$ energia cinetică a apei la intrarea în rotor (care reprezintă căderea transformată în stator), cu

$$H_q = \frac{w_2^2 - w_1^2}{2g} - \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma} + b - h_r$$

căderea de reacțiune (căderea transformată în rotor), și cu $k_o H = \frac{c_2^2 - c_4^2}{2g}$ căderea recuperată în dispozitivul de evacuare (tubul de aspirație), relația (4) devine:

$$(4') \quad H(1 - \zeta + k_o) = H_c + H_q = H_i,$$

unde H_i e căderea internă a turbinei. Căderea

efectiv transformată H_h e mai mică decât căderea internă, și anume:

$$H_h = H_i - k_2^2 H = H(1 - \zeta + k_o - k_2^2),$$

unde $k_2^2 H = \frac{c_2^2}{2g}$ e energia cinetică a apei la ieșirea din rotor.

Puterea hidraulică P_h (CP) se determină din relația

$$(5) \quad P_h = \eta_h \frac{\gamma Q}{75} H,$$

în care $\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$ e greutatea specifică a apei și Q (m^3/s) e debitul de apă consumat, iar randamentul hidraulic al turbinei se exprimă prin relația

$$\eta_h = \frac{H_h}{H} = 1 - \zeta + k_o - k_2^2,$$

în care $H = H_b - \sum b_r$ e căderea netă la dispoziția turbinei (H_b fiind căderea brută, adică diferența geodetică de nivel, la care se mai ține seamă și de energiile cinetice de intrare și ieșire ale apei din turbină, la căderi mici).

Criteriile de clasificare a turbinelor hidraulice sunt numeroase. — După turația specifică (v.) sau rapiditate ($n_s = n P^{1/2} H^{-5/4}$), care e criteriul cel mai complet de clasificare și de alegere a tipului constructiv, se deosebesc turbine lente, normale, rapide și extrarapide. — După felul admisiunii, se deosebesc turbine cu admisiune parțială (pe o zonă din periferia rotorului), în cazul turbinelor cu acțiune, și cu admisiune totală (pe întreaga periferie a rotorului), în cazul turbinelor cu reacțiune. — După direcția curentului de apă la admisiune, se deosebesc turbine cu admisiune tangențială (de ex. turbina cu cupe), turbine cu admisiune radială (de ex. turbinele centripete lente și normale), turbine cu admisiune diagonală (de ex. turbinele centripete rapide și unele turbine elicoidale) și turbine cu admisiune axială (de ex. turbinele elicoidale rapide și extrarapide). — După poziția arborelui, se deosebesc turbine cu arbore orizontal și turbine cu arbore vertical, uneori și turbine cu arbore înclinat. Avantajele turbinei cu arbore orizontal sunt: permite dispunerea mai multor rotoare pe același arbore și o supraveghere ușoară, permite cuplarea directă cu mașini de lucru (de ex. compresoare, ventilatoare, etc.), prezintă rentabilitate mare la unități mici; dezavantajele ei sunt: reclamă spațiu mare de amplasare, produce vibrații la căderi mici (datorită solicitării inegale a periferiei rotorului), la defectare provoacă inundarea sălii turbinelor, arborele turbinei e solicitat la torsiune și la încovoire. Avantajele turbinei cu arbore vertical sunt: permite construcția de superunități, permite folosirea mai multor injectoare (la turbinele cu cupe), la defectare nu provoacă inundarea sălii turbinelor, arborele turbinei e solicitat numai la torsiune și la tracțiune, palierile și tuburile de

aspirație sunt simple, camerele de admisiune spirale pot fi executate și din beton, randamentul e mai mare decât la turbinele cu arbore orizontal (la puteri egale); desavantajele ei sunt: montarea, demontarea și supravegherea sunt dificile, reclamă construcție cu etaje a centralei și fundații grele, cuplarea cu mașini de lucru se obține numai prin angrenaje. — După debitul specific ($Q_s = Q/H^{1/2}$),

se deosebesc turbine cu debit specific mic ($Q_s < 10$), turbine cu debit specific mare ($Q_s = 10 \dots 100$) și turbine cu debit specific foarte mare ($Q_s > 100$).

— După căderea disponibilă, se deosebesc turbine de joasă cădere ($H < 10$ m), numite și turbine de flux, cum sunt turbinele elicoidale rapide și turbinele centripete cu rotoare multiple; turbine de cădere mică ($H = 10 \dots 50$ m), cum sunt turbinele centripete extrarapide și turbinele elicoidale lente și normale; turbine de cădere normală ($H = 50 \dots 150$ m), cum sunt turbinele centripete normale și rapide; turbine de cădere mare ($H = 150 \dots 2000$ m), cum sunt turbinele cu cupe și cele centripete lente; turbine de cădere foarte mare ($H > 2000$ m), cum sunt turbinele cu cupe, lente. — După numărul rotoarelor, se deosebesc turbine simple (cu un singur rotor), turbine duble (cu rotor dublu și cu două tuburi de aspirație), turbine triple și turbine cu rotoare multiple. Construcțiile cu mai multe rotoare se folosesc când e necesar să se varieze rapiditatea. Mărirea rapidității se realizează prin montarea rotoarelor în paralel, obținând valoarea $n_s = m^{1/2} n_{s_0}$, unde m e numărul rotoarelor și n_{s_0} e rapiditatea unui singur rotor; turbinele cu cupe și cele centripete rapide se construiesc uneori cu mai multe rotoare în paralel și pot înlocui, respectiv, turbinele centripete și elicoidale lente, când din calculul tehnico-economic și din criteriile de exploatare rezultă că primele sunt mai avantajoase. Micșorarea rapidității se realizează prin montarea rotoarelor în serie, obținând valoarea $n_s = n_{s_0} m^{-3/4}$; turbinele cu rotoare în serie se numesc turbine „compound”. — După principiul hidraulic de funcționare, se deosebesc turbine cu acțiune și turbine cu reacțiune.

1. Turbină hidraulică cu acțiune [активная гидравлическая турбина; turbine hydraulique à action, turbine à impulsion; Gleichdruckwasserturbine; hydraulic action turbine; akciós vizturbina]; Turbină hidraulică în care energia disponibilă a apei (egală cu produsul dintre greutatea și întreaga cădere netă a apei) e transformată în stator în energie cinetică, cuplul motor la acuplajul turbinei obținându-se prin variația impulsului vinei de apă, datorită devierii acesteia de cupele sau de palele rotorului. Presiunea apei, atât la ieșirea din stator, cât și în rotor, e egală cu presiunea mediului exterior.

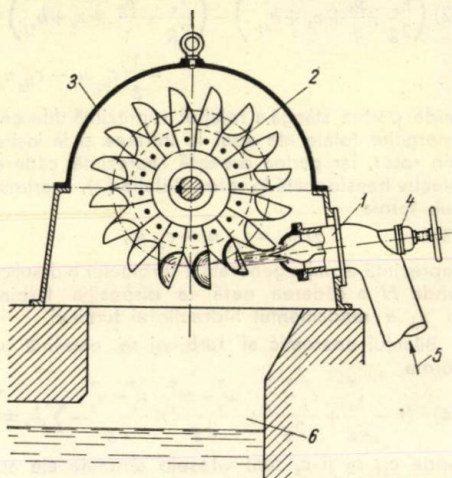
Turbina cu acțiune are următoarele organe principale: dispozitivul de aducție a apei la turbină, statorul (cu cupe sau cu pale), carcasa și mecanismul de reglare.

Turbinele cu acțiune sunt turbine lente folosite, în general, la căderi de apă mari și debite specifice mici. Sin. Turbină hidraulică de egală presiune, Turbină cu impulsie. —

Exemple de turbine hidraulice cu acțiune:

2. ~ Bánki. V. Turbină cu pale.

3. ~ cu cupe [ковшевая турбина; turbine Pelton; Pelton turbine; Pelton's turbine; Pelton-turbina]; Turbină cu acțiune, cu admisiune parțială și tangențială, folosită în general pentru căderi mari (400...2000 m) și debite specifice de apă mici. Se poate construi, fie cu arbore orizontal (la unități de putere mică și mijlocie), fie cu arbore vertical (la unități de mare putere); uneori, turbinele cu cupe, rapide, cu arbore orizontal, se construiesc cu două rotoare. Organele principale ale turbinei sunt: dispozitivul de aducție, statorul sau distribuitorul (constituit din unu sau din mai multe injectoare), rotorul cu cupe, carcasa, (de fontă sau de oțel turnat), și mecanismul de reglare (v. fig. 1).



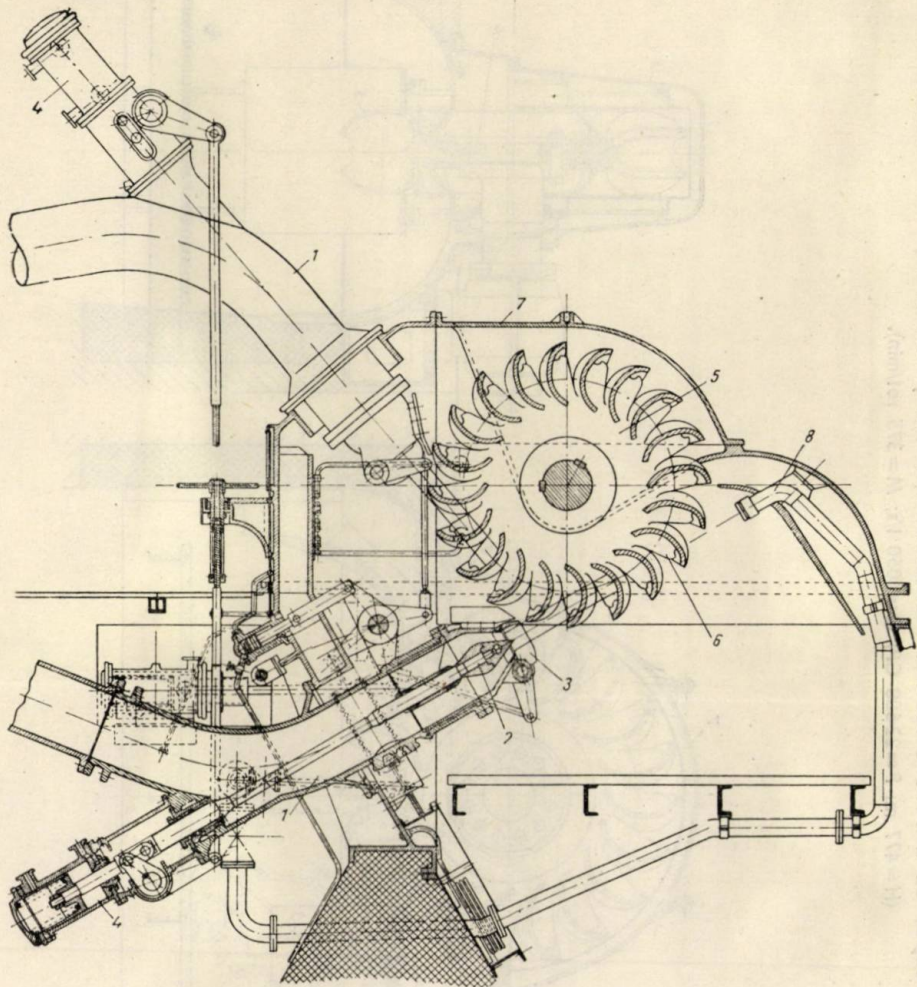
1. Schema unei turbine cu cupe, de mică putere.

1) stator (injector cu ac); 2) rotor; 3) carcasă; 4) mecanism de reglare manuală; 5) dela dispozitivul de aducție; 6) canal de evacuare.

Dispozitivul de aducție e constituit dintr-o conductă de oțel (derivată din conducta forțată a centralei), echipată cu o vană cu acționare mecanică, hidromecanică sau electromecanică.

Statorul e un injector cu ac (v. Injector de turbină Pelton), al cărui corp, în general în formă de cot, e montat la extremitatea conductei de aducție; injectorul servește ca organ de distribuție și de reglare a debitului, fiind acționat direct (printr'un mecanism) de servomotorul regulatorului turbinei. Injectorul (sau injectoarele) transformă energia potențială (corespunzătoare produsului dintre greutatea apei și întreaga cădere netă a turbinei) în energia cinetică a vinei de apă, pe care o dirijează tangențial la roata turbinei (axa vinei cilindrice de apă fiind

tangentă la cercul meridian al cupelor rotorului), un unghi minim de 60° (pentru ca vinele de apă să nu se perturbe una pe alta, provocând



11. Turbină cu cupe, cu arbore orizontal și cu două injectoare ($H=402,4$ m; $P=14\ 130$ CP; $Q=3000$ l/s; $n=500$ rot/min).
1) injector; 2) ac de reglare; 3) deflector; 4) servomotorul mecanismului de reglare; 5) rotor; 6) cupă; 7) carcasă;
8) injector de frânare.

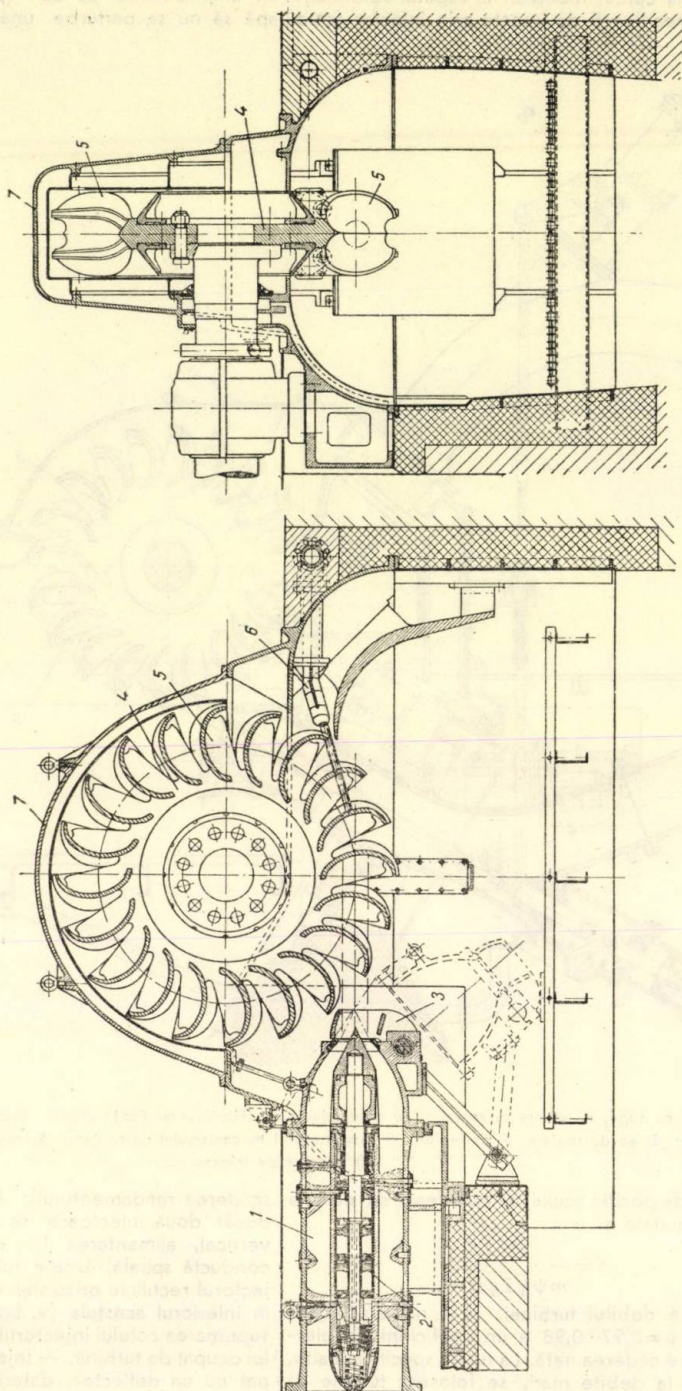
depinde de poziția acului) se calculează din ecuația de continuitate și e

$$S = \frac{Q}{m\phi\sqrt{2gH}}$$

unde Q e debitul turbinei, m e numărul injectoarelor, $\phi=0,97\cdots 0,98$ e un coeficient de pierderi și H e căderea netă. La turații specifice înalte, respectiv la debite mari, se folosesc turbine cu 2...4 injectoare (v. fig. 11), decalate între ele cu

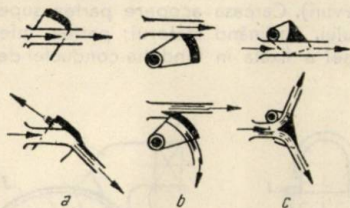
scăderea randamentului); turbinele cu mai mult decât două injectoare se construiesc cu arbore vertical, alimentarea lor efectuându-se dintr-o conductă spirală. Unele turbine moderne au injectorul rectiliniu orizontal, cu servomotorul dispus în interiorul acestuia (v. fig. 111), ceea ce permite suprimarea cotului injectorului și reducerea spațiului ocupat de turbină. — Injectorul turbinei e echipat cu un deflector, datorită căruia se evită loviturile de berbec în conducta forțată, la deco-

III. Turbină cu cupe, cu arbore orizontal montat în consolă și cu un injector rectiliniu
($H=477$ m; $P=22\,600$ CP; $Q=4050$ l/s; $M=375$ rot/min).



1) injector; 2) servomotor cu piston multiplu; 3) deflector; 4) rotor; 5) cupă; 6) injector de frânare; 7) carcasă,

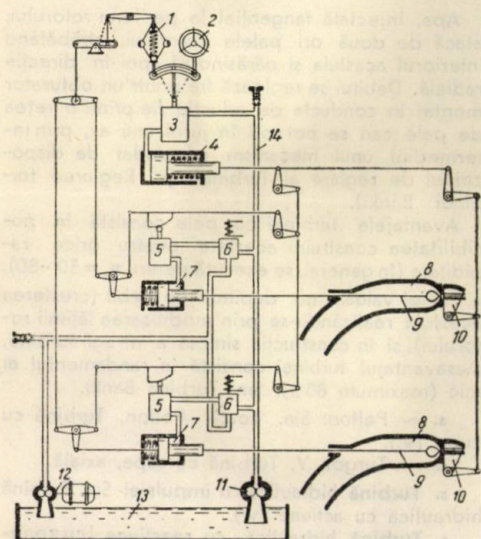
nectarea bruscă a turbinei. Deflectorul e acționat de mecanismul regulatorului și deviază vâna de apă înainte de închiderea treptată a injectorului (v. fig. IV). În fig. V e reprezentată schema



IV. Reprezentare schematică a modului de acționare al deflectorilor.

a) de sus în jos; b) de jos în sus; c) prin desplicarea și împrăștierea vinei de apă.

mecanismelor de sincronizare a mișcărilor acului și deflectorului, cu servomotoare hidromecanice, pentru realizarea forțelor mari necesare închiderii. — Turbinele cu cupe sunt în general echipate și cu un injector de frânare, dispus astfel, încât să dirijeze vâna de apă spre spatele cupelor (v. fig. II și III).

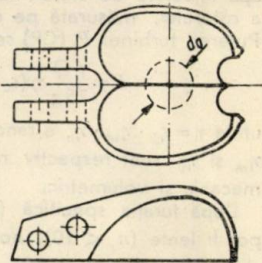


V. Schema reglajului cu comandă hidrodinamică a turbinei cu cupe (v. fig. V).

1) regulator centrifug; 2) sincronizator; 3) sertar de distribuție al servomotorului deflectorilor; 4) servomotorul deflectorilor; 5) sertarele de distribuție a servomotoarelor acelor de injectie; 6) supape de admisiune a uleiului la servomotoare (la demararea turbinei); 7) servomotoarele injectoarelor; 8) injector; 9) acul injectorului; 10) deflector; 11) pompă de uleiul principală; 12) pompă de uleiul pentru demarare; 13) rezervor de uleiul; 14) conducte de ulei.

Rotorul e constituit dintr'un disc de oțel, echipat la periferie cu cupe de oțel turnat sau de bronz,

cari sunt raportate (prin împănare și înșurubare) sau sunt turnate monobloc cu discul. Cupa are forma a două scoici, unite în planul de simetrie printr'o nervură cu muchie ascuțită, care despică vâna de apă injectată din stator în centrul cupei, dirijând-o spre cele două concavități ale acesteia, în cari e deviată cu cca 180° (v. fig. VI); după ieșirea laterală din cupe, apa cade în canalul de evacuare, printr'un puț de beton, de obicei blindat. În partea mediană periferică, cupa are o tăietură care micșorează pierderile la primul contact și permite ca o parte din vâna de apă să pătrundă și la cupele următoare, asigurând un cuplu motor mai uniform, prin atacarea simultană a mai multor cupe. — Dimensiunile rotorului depind de debit și de cădere. Cupele se dimensionează după formule empirice, în funcție de diametrul vinei de apă injectate din stator, care are următoarea expresiune (dedusă din ecuația de continuitate a mișcării)



VI. Cupa turbinei Pelton.
d₀ diametrul vinei de apă.

$$d_0 = 0,536 \sqrt{\frac{Q_{max}}{\psi m \sqrt{H}}}$$

unde Q_{max} e debitul maxim, H e căderea turbinei, ψ e un coeficient de pierderi, iar m e numărul injectoarelor (care se stabilește astfel, încât dimensiunile cupelor să fie în limite acceptabile); numărul de cupe trebuie să satisfacă condițiunea ca, în succesiunea trecerii lor, să nu rămână neutilizat niciun fir al vinei de apă. Diametrul caracteristic (diametrul cercului mediu de atac al rotorului) D_0 se calculează din condițiunea ca vitezei periferice u_0 a rotorului să-i corespundă puterea maximă la regimul optim de funcționare al turbinei, folosind relația

$$D_0 = 539 \frac{k_u}{n_s} d_0,$$

în care $k_u = \frac{u_0}{\psi \sqrt{2gH}} = 0,496 \dots 0,420$ e raportul

dintre viteza periferică a rotorului și cea absolută a vinei injectate, a cărei valoare depinde de rapiditatea turbinei. Celelalte dimensiuni caracteristice ale rotorului se determină din condițiunile cinematice ale acestuia.

Mecanismul de reglare acționează asupra admișunii apei, prin manevrarea acului injectorului, astfel încât turbina lucrează conform variațiilor sarcinii mașinilor antrenate (v. Reglarea turbinei Pelton).

Forța căreia îi corespunde cuplul motor la rotor are expresiunea:

$$F_h = \gamma \frac{Q}{g} (c_0 - u_0),$$

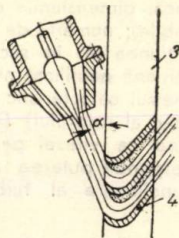
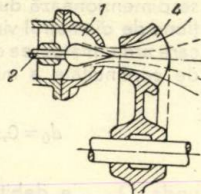
unde $c_0 = \sqrt{2gH}$ e viteza absolută a vinei de apă injectate de stator, iar u_0 e viteza periferică a rotorului, măsurată pe cercul mediu de atac. Puterea turbinei P (CP) se exprimă prin relația:

$$P = \frac{\gamma Q}{75 g} \eta (c_0 u_0 - u_0^2),$$

unde $\eta = \eta_h \cdot \eta_m \cdot \eta_v$ e randamentul total, iar η_h , η_m și η_v sunt respectiv randamentele hidraulic, mecanic și volumetric.

După turația specifică (n_s), turbinele cu cupe pot fi lente ($n_s < 10$), normale ($10 < n_s < 18$) și rapide ($18 < n_s < 50$). Turbinele de putere mare pot realiza un randament de cca 91%; în general, randamentul turbinei cu cupe e puțin influențat de variațiile de sarcină. Sin. Turbină Pelton, Roată Pelton.

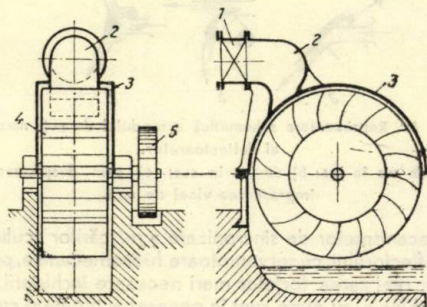
1. Turbină cu cupe, axială [осевая ковшевая турбина; turbine Turgot, Turgotturbine; Turgot's turbine; Turgot-turbina]: Turbină cu acțiune, cu curgere axială a apei, folosită pentru căderi mijlocii (60...400 m). Statorul e format din mai multe injectoare cu ac, dispuse pe un cerc la periferia rotorului, cu axele în plane tangente la cercul mediu al rotorului (v. fig.); această construcție permite dispunerea injectoarelor unul lângă celălalt, obținându-se chiar admisiune totală. Rotorul e format dintr'un disc cu cupe în formă de scoică. Vinele de apă injectate lateral în cupe, de stator, sub un unghi α față de planul rotorului, străbat axial canalele dintre cupe, fiind deviate de acestea. Sin. Turbină Turgot.



Reprezentare schematică a turbinei cu cupe, axială.
1) injector; 2) ac de reglare; 3) rotor; 4) cupă;
a) unghiul de inclinare a injectorului.

2. ~ cu pale [лопастная турбина, турбина Банки; turbine Bánki; Bánkiturbine; float board turbine; Bánki-turbina]: Turbină cu acțiune, cu admisiune parțială, folosită în general pentru căderi de apă mici și mijlocii. Statorul e format dintr'un ajutaj periferic concentric cu rotorul, recordat prin intermediul unei vane de admisiune la dispozitivul de aducție; pereții de ghidare ai statorului au în secțiune forma de spirală logaritmică (v. fig.). Rotorul e format

din două discuri de tablă, între cari sunt dispuse palele formate în general din segmenți cilindrici cu lungimea egală cu lățimea rotorului. Arborele străbate rotorul, sau e constituit din două fusuri sudate de discurile laterale (rigidizate prin nervuri). Carcasa acopere partea superioară a rotorului, susținând statorul; partea inferioară a carcasei e fixată în fundația conductei de evacuare.



Turbină cu acțiune, cu pale.

1) vană de admisiune; 2) stator; 3) carcasă; 4) rotor; 5) volant.

Apă, injectată tangențial la periferia rotorului, atacă de două ori palele rotorului, străbătând interiorul acestuia și părăsindu-l apoi în direcție radială. Debitul se reglează fie printr'un obturator montat în conducta de aducție fie printr'o rețea de pale cari se pot roti în jurul unui ax, prin intermediul unui mecanism comandat de dispozitivul de reglare al turbinei (v. Reglarea turbinei Bánki).

Avantajele turbinei cu pale consistă în posibilitatea construirii acesteia pentru orice rapiditate (în general, se execută pentru $n_s = 30 \dots 80$), a cărei valoare nu depinde de debit (creșterea acestuia realizându-se prin modificarea lățimii rotorului), și în construcția simplă a întregii turbine. Desavantajul turbinei consistă în randamentul ei mic (maximum 80%). Sin. Turbină Banki.

3. ~ Pelton: Sin. Roată Pelton, Turbină cu cupe (v.).

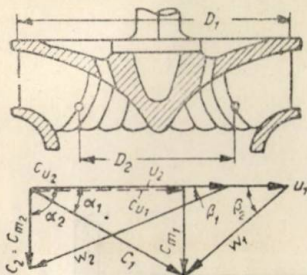
4. ~ Turgot. V. Turbină cu cupe, axială.

5. Turbină hidrolică cu impulsie: Sin. Turbină hidrolică cu acțiune (v.).

6. Turbină hidrolică cu reacțiune [гидравлическая реактивная турбина; turbine hydraulique à réaction; Wasserreaktionsturbine; hydraulic reaction turbine; reaktions vorturbina]: Turbină hidrolică în care numai o parte din energia disponibilă a apei (egală cu produsul dintre greutatea și căderea netă a apei) e transformată în stator în energie cinetică (necesară creșterii vitezei de intrare în rotor), cuplul motor obținându-se atît prin transformarea în rotor în energie stereomecanică a restului de energie disponibilă și reutilizată în stator, cât și prin variația impulsului vinei de apă. Presiunea medie a apei, la ieșirea din distribuitor, și în interiorul

rotorului, e mai mare decât presiunea mediului exterior.

Turbina cu reacțiune are următoarele organe principale: dispozitivul de aducție a apei în turbină (cameră deschisă, căldare sau cameră spirală), statorul (distribuitorul), rotorul, tubul de aspirație (care conduce apa din rotor în aval) și mecanismul de reglare. Cuplul motor M_h (kgm) se ex-



Reprezentarea schematică a rotorului și triunghiurile de viteză ale unei turbine cu reacțiune, centripetă.

D_1 și D_2 diametrul cercului median al muchiilor de intrare, respectiv de ieșire a palelor; u_1 și u_2 vitezele periferice ale rotorului (măsurate pe cercurile cu diametrii D_1 , D_2); c_1 și c_2 vitezele absolute ale apei de intrare și de ieșire față de rotor; w_1 și w_2 vitezele relative ale apei de intrare și de ieșire față de rotor; c_{m1} și c_{m2} componentele axiale ale viteselor c_1 , c_2 ; c_{u1} și c_{u2} componentele periferice ale viteselor c_1 , c_2 ($c_{u2}=0$, deoarece $c_2 \perp u_2$); α_1 și α_2 unghiurile direcțiilor de intrare, respectiv de ieșire a vinelor de apă, cu tangentele la cercurile cu diametrii D_1 și D_2 ; β_1 și β_2 unghiurile dintre tangentele la axa profilului (la intersecțiunea acesteia cu muchiile de intrare, respectiv de ieșire ale palei) și tangentele la cercurile cu diametrii D_1 și D_2 .

primă prin relația:

$$M_h = \gamma \frac{Q}{g} (c_{u1} r_1 - c_{u2} r_2),$$

în care Q (m^3/s) e debitul de apă al turbinei, $\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$ e greutatea specifică a apei, r_1 și r_2 (m) sunt razele curburilor mediane ale muchiilor de intrare și de ieșire ale palelor rotorului, iar c_{u1} și c_{u2} sunt componentele viteselor absolute ale apei după tangentele la cercurile cu razele r_1 și r_2 (v. fig.).

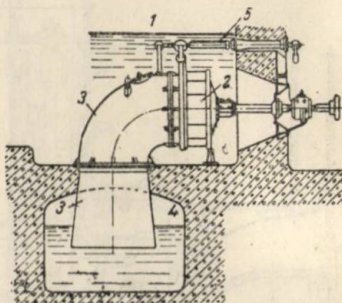
Turbinele cu reacțiune se folosesc la căderi de apă mici și mijlocii, tubul de aspirație permițând utilizarea integrală a căderii, chiar dacă rotorul e situat sub nivelul aval al apei. Sin. Turbină cu suprapresiune, Turbină cu repulsie.

Exemple de turbine cu reacțiune:

1. Turbină centripetă [центробежная турбина; turbine centripète; Francisturbine; Francis'turbine; Francis-turbina]: Turbină cu reacțiune, folosită în general pentru căderi de apă mijlocii. Forma constructivă a turbinei variază cu rapiditatea, cu felul admisiunii apei, cu forma tubului de aspirație, cu direcția arborelui (orizontală sau verticală), etc. Organele principale ale

turbinei sunt: dispozitivul de aducție, statorul sau distribuitorul, rotorul, tubul de aspirație și mecanismul de reglare. Unele turbine au un antestator, între dispozitivul de aducție și distribuitor, care e format dintr-o rețea de pale directe fixe, în general montate între coroanele statorului.

La turbinele de putere și cădere mică (până la 8 m), dispozitivul de aducție e constituit dintr-o cameră de admisiune deschisă (v. fig. I). La această construcție, arborele turbinei trece printr-o cameră intermediară etanșă, în care se găsesc palieretele și acuplajul dintre turbină și mașina antrenată. Viteza maximă a apei în camera deschisă e de 1 m/s. — La turbinele de putere mică și de căderi mijlocii (6...25 m) se folosesc camere metalice tip căldare (v. fig. IV). — La turbinele de putere mare și de căderi mici sau mijlocii, dar cu rapiditate mare (în general $n_s > 350$) se

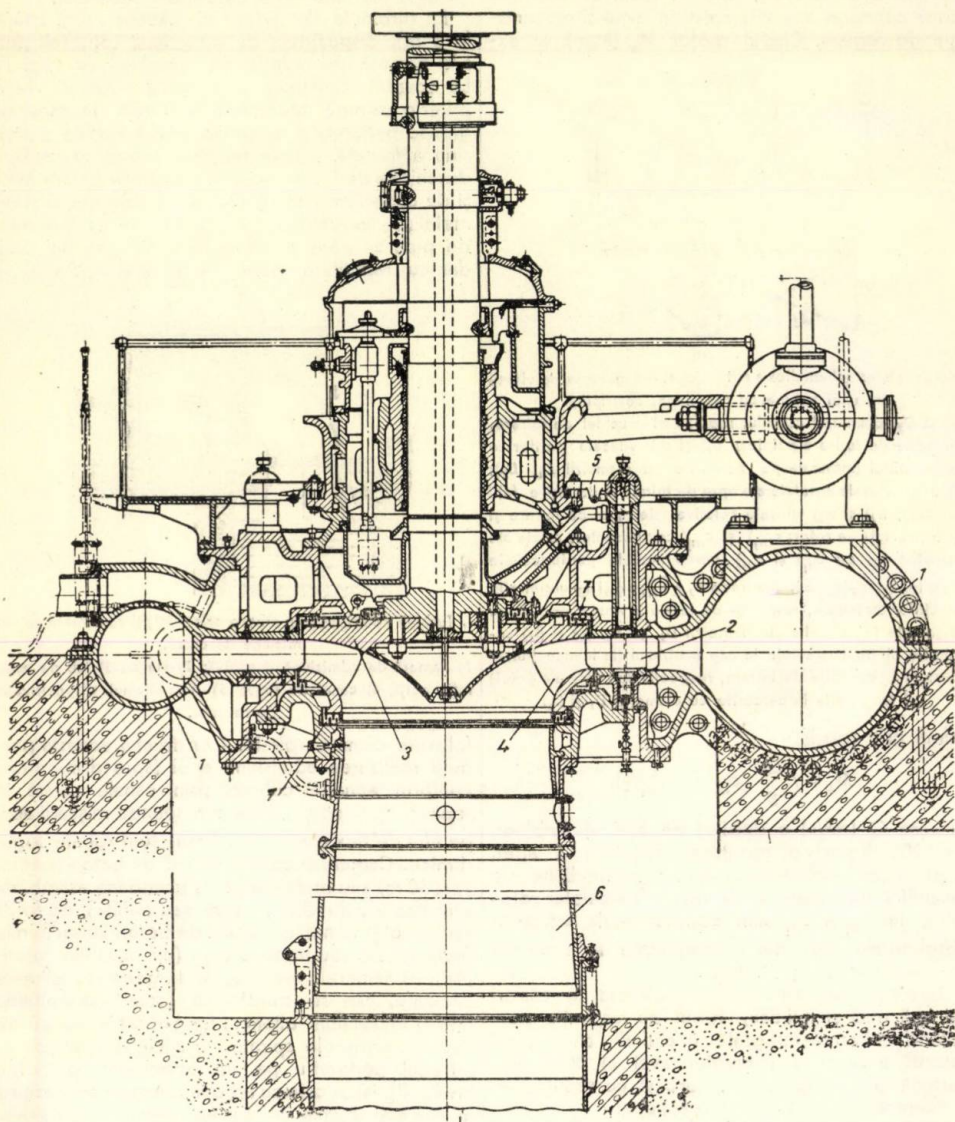


I. Turbină centripetă, cu arbore orizontal și cu cameră de admisiune deschisă.

1) cameră de admisiune deschisă; 2) stator; 3) tub de aspirație cotit; 4) canal de fugă; 5) mecanismul dispozitivului de reglare.

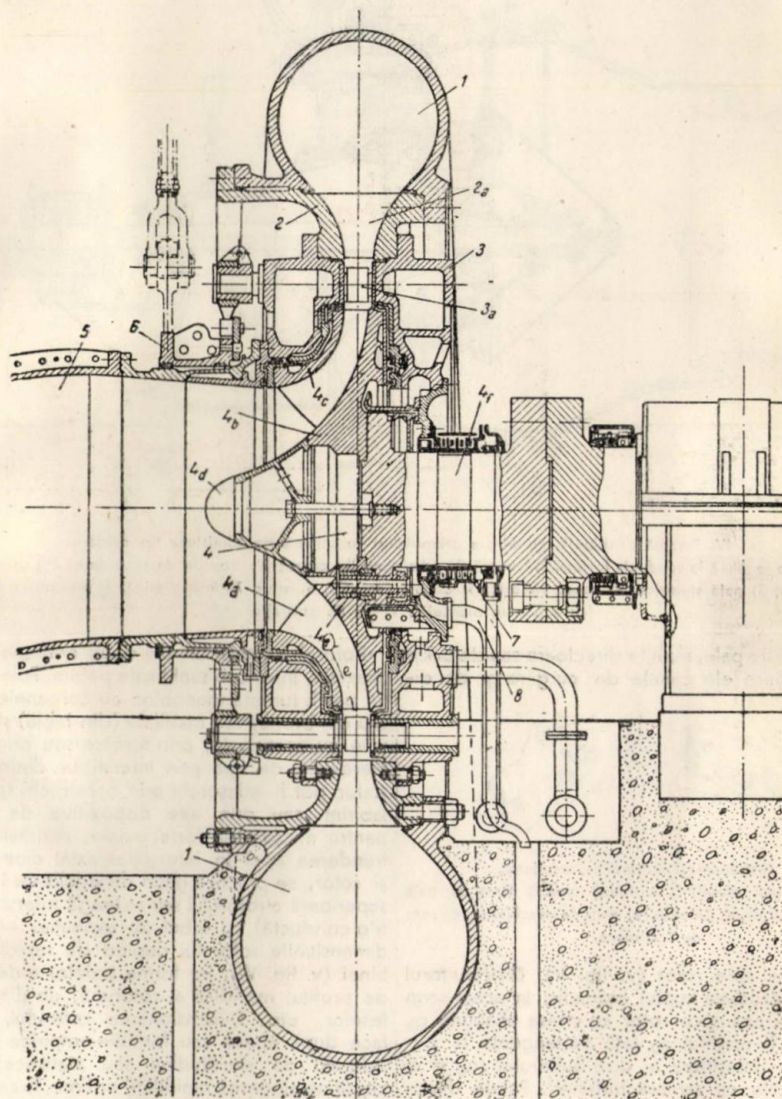
folosesc camere spirale. Construcția aceasta permite realizarea admisiunii apei (spre distribuitor) conform ecuației curgerii prin canale curbe în repaus, $c_{ur} = \text{const.}$, care corespunde mișcării apei pe linii de flux ale căror ecuații sunt spirale logaritmice. Camerele spirale pot fi de beton (pentru $H < 30 \text{ m}$) sau metalice (2...4 tronsoane asamblate prin flanșe), de tablă (sudate sau nituite), de fontă sau de oțel turnat; camerele de beton au secțiunile rectangulare sau trapezoidale (cu muchiile rotunjite), iar camerele metalice au în general secțiunile circulare, cari se transformă (spre extremitatea finală) în secțiuni eliptice. La turbinele cu arbore vertical, camerele spirale metalice se reazemă cu întregul perimetru pe un postament de beton (v. fig. II), iar la cele cu arbore orizontal se reazemă în general numai cu partea inferioară a spiralei (v. fig. III). Viteza de intrare a apei în spirală e $v_i < (0,8 \dots 0,9) H^{1/2}$ și, de obicei, nu depășește valorile $v_i = 0,5 \text{ m/s}$ la căderi mari și $v_i = 4 \text{ m/s}$ la căderi mici (la camerele de beton $v_{i, \text{max}} = 3 \text{ m/s}$, pentru a evita eroziunile, iar la camerele metalice $v_{i, \text{max}} < 12 \text{ m/s}$).

II. Turbină centripetă, cu arbore vertical.



- 1) cameră de admisiune spirală; 2) pale statorice reglabile; 3) rotor; 4) pală rotorică; 5) mecanism de reglare; 6) tub de aspirație; 7) dispozitiv de etanșare cu labirinturi.

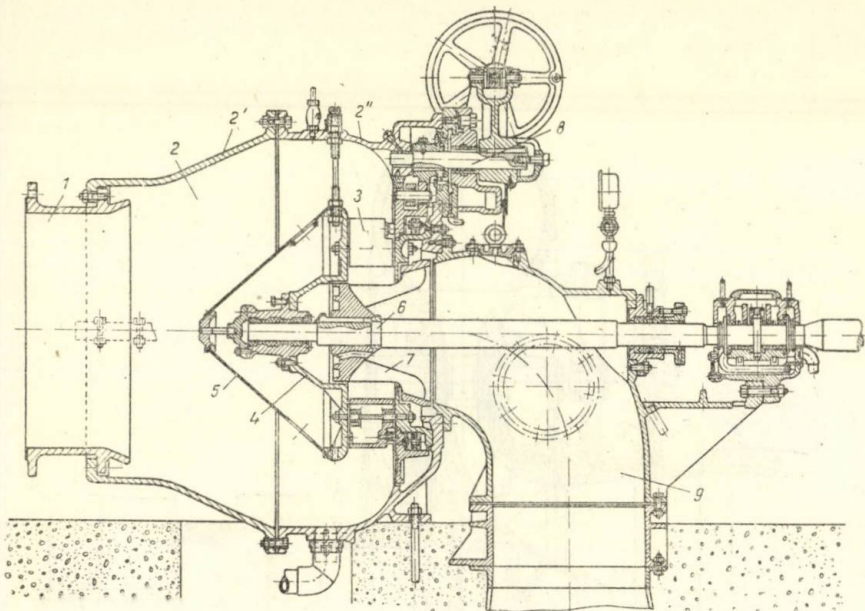
III. Turbină centripetă, cu arbore orizontal și cu cameră de admisiune spirală.



- 1) cameră de admisiune; 2) anfestator; 2_a) pală anfestatorică (fixă); 3) statcr; 3_a) pală statorică reglabilă; 4) rotor; 4_a) pală rotorică; 4_b) coroana inferioară a rotorului; 4_c) coroana superioară a rotorului; 4_d) capac carenat; 4_e) gaură pentru egalizarea presiunii; 4_f) arbore; 5) tub de aspirație; 6) mecanism de reglare; 7) dispozitiv de etanșare cu labirinturi; 8) conductă de apă pentru egalizarea presiunii pe fețele rotorului.

Distribuitorul e constituit din două coroane inelare, concentrice cu rotorul, între cari sunt montate (la distanțe egale) pale reglabile, cu profil

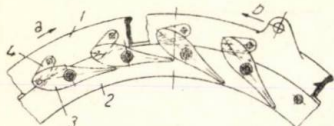
toare trebuie să fie diferit de al palelor rotorului, pentru a evita armonice de suprapunere a acestora în timpul rotației.



IV. Turbină centripetă, cu arbore orizontal și cu cameră de admisiune tip căldare.

1) tronson de legătură la conducta forțată; 2) cameră de admisiune tip cazan; 2') tronson de racordare; 2'') carcasa palelor statorice; 3) pală statorică; 4) capac statoric; 5) capotă carenată; 6) rotor; 7) pală rotorică; 8) mecanism de reglare (cu acționare manuală); 9) tub de aspirație cotit.

special; aceste pale, numite directoare sau statorice formează între ele canale de curgere și de di-



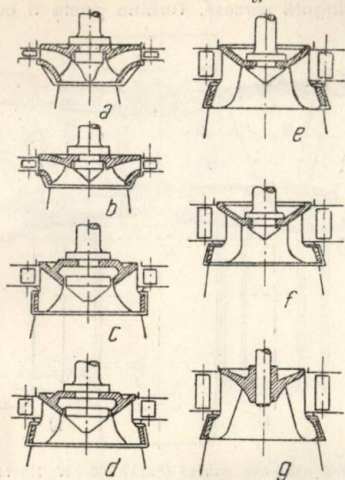
V. Distribuitorul turbinei cu reacțiune.

1) inel de reglaj mobil; 2) coroană inelară fixă; 3) pală statorică reglabilă; 4) pârghie; a) sens de deschidere; b) sens de închidere.

rijare a apei spre rotor (v. fig. V). Distribuitorul trebuie să producă cuplul hidraulic; în acest scop el dirijează apa spre rotor cu viteza absolută c_0 , înclinată sub unghiul α_0 față de tangenta la circumferența interioară a distribuitorului (α_0 și c_0 fiind variabile cu sarcina turbinei). Palele directoare (turnate din oțel sau din bronz, monobloc cu axul de rotație) au profilul construit astfel, încât asigură curgerea apei cu o viteză determinată și după o traiectorie în formă de spirală logaritmică; se folosesc diferite metode de trasare a profilului, cum sunt metodele Trefftz, Jukovski, Kármán, Mises, E. Carafoli, etc. Numărul palelor direc-

Rotorul e construit din două coroane circulare coaxiale, între cari sunt fixate palele. Palele rotorului pot fi turnate monobloc cu coroanele (din oțel sau din bronz) sau matrițate (din tablă) și solidarizate cu coroanele, prin turnare sau prin sudură). Pierderile de apă prin interstițiul dintre rotor și stator pot fi micșorate prin construcții speciale cu labirint sau prin alte dispozitive de etanșare; pentru micșorarea forței axiale, rezultată din pătrunderea apei în interstițiul axial dintre carcasă și rotor, se practică găuri de egalizare în coroana superioară a rotorului sau se leagă interstițiul (printr-o conductă) cu tubul de aspirație. — Forma și dimensiunile rotorului depind de rapiditatea turbinei (v. fig. VI), iar forma palelor e determinată de profilul meridian al rotorului, de diagrama vitezelor, etc. Dimensionarea rotorului, care se face după abace sau formule empirice (prin considerații de similitudine sau statistice), se bazează pe alegerea rapidității optime, la care trebuie să se țină seamă de faptul că randamentul turbinei crește cu rapiditatea (prin mărirea lășimii canalelor rotorului, raza hidraulică crește și pierderile de sarcină se micșorează), însă odată cu rapiditatea crește și viteza apei în rotor — deci și pierderile de sarcină, ceea ce provoacă scăderea randamentului; în general, rapiditatea nu

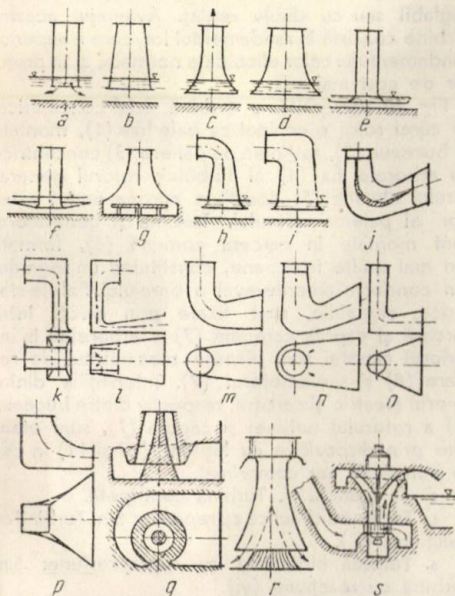
poate depăși o anumită valoare critică, datorită pericolului cavității ($n_s \leq 0,9 n_{scr}$), fiind limitată



VI. Dependența forței rotorului turbinelor centripete, de rapiditate.

a) b) turbine lente; c) d) turbine normale; e), f) și g) turbine rapide.

și de turația turbinei (respectiv de viteza periferică a rotorului) care, din considerații de re-

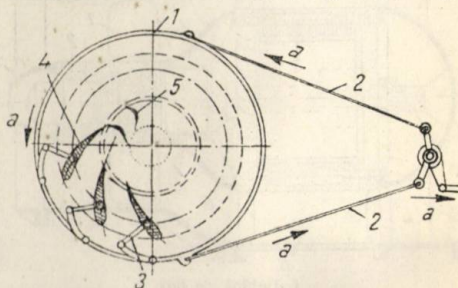


VII. Tipuri de tuburi de aspirație ale turbinelor cu reacție. a) drept; b) tronconic; c) și d) hidrodinamic; e) și f) cu paravan de difuzare; g) cu disc de difuzare; h), i), k) și l) cotit, pentru turbine cu arbore orizontal; m), n), o) și p) cotit, pentru turbine cu arbore vertical; i) cotit, cu perete median; q) cu dispozitiv de redresare a vârtejului și cu concentric prelungit (până la rotor); r) cu con central (hidrocon); s) răsturnat.

zistență, nu poate depăși 50-60 m/s. Numărul de pale se determină din relații empirice.

Tubul de aspirație e constituit dintr-o conductă, care conduce apa dela rotor la nivelul aval, și poate fi tronconic, cotit, etc. (v. fig. VII). Tubul de aspirație permite montarea turbinei (cu înălțimea de aspirație H_a) deasupra nivelului din aval, conduce apa fără vârtejuri spre nivelul aval, și transformă energia cinetică reziduală a apei (la ieșirea din rotor) în energie potențială. Având profilul divergent, secțiunea lui crește, respectiv viteza apei scade spre ieșirea din tubul de aspirație, ajungând minimă spre nivelul aval.

Reglarea admisiunii se efectuează cu un inel de reglare mobil, care acționează asupra palelor directoare prin intermediul unor articulații, asigurând rotirea simultană și uniformă a palelor în jurul axelor lor de rotație. Inelul de reglare e acționat, prin două pârghii, direct de către servomotorul comandat de regulatorul automat de turație (v. fig. VIII). Se



VIII. Schema de acționare a inelului de reglare.

1) inel de reglare; 2) pârghia de acționare a inelului de reglare; 3) pârghii de acționare a palelor statorice; 4) pală statorică; 5) pală rotorică; a) sens de închidere.

construiesc turbine cu reglare interioară (în general la turbine de putere mică, cu cameră deschisă), la cari întregul mecanism de reglare e situat în apă, și turbine cu reglare exterioră, la cari inelul de reglare și articulațiile se găsesc în exterior (v. și sub Reglarea turbinei Francis).

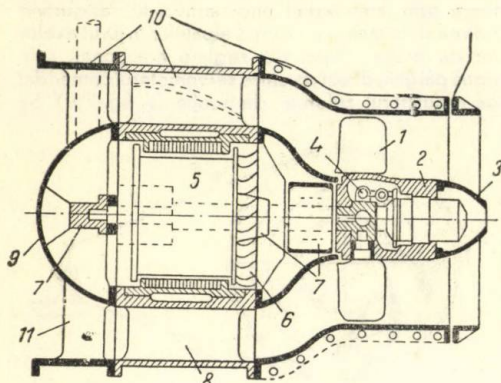
După rapiditate sau turație specifică (n_s), turbinele centripete pot fi lente ($40 < n_s < 120$), normale ($120 < n_s < 250$), rapide ($250 < n_s < 350$) și extrarapide ($350 < n_s < 450$). Sin. Turbină Francis.

1. Turbină elicoidală [пропеллерная турбина; turbine hélicoïdale; Propellerturbine; helical water turbine; propeller-vizturbina]. Turbină cu reacțiune, cu curgere axială și cu pale (arpe portante), folosită în general pentru căderi mici și debite de apă mari. Constructiv, se deosebește de turbina centripetă rapidă numai prin forma rotorului, care e echipat cu pale asamblate cu butucul. Turbinele hidraulice elicoidale se construiesc cu palele statorului sau ale rotorului reglabile, și anume se deosebesc turbine cu stator reglabil (v.), turbine cu rotor reglabil (v.) și turbine cu dublu reglaj (v.). După rapiditate (n_s), turbinele elicoidale pot fi lente ($350 < n_s < 600$), normale ($600 < n_s < 800$) și rapide ($800 < n_s < 1400$).

Din punctul de vedere al admisiunii apei, turbinele elicoidale pot fi turbine de cădere și turbine de flux.

1. Turbină de cădere: Turbină elicoidală cu admisiune printr-o cameră spirală, cu arbore vertical, folosită pentru căderi relativ mici. La unele turbine elicoidale de acest tip, palele statorului au axul înclinat, astfel încât admisiunea e diagonal-centripetă. Exemple: turbina Kaplan, turbina Bell, etc.

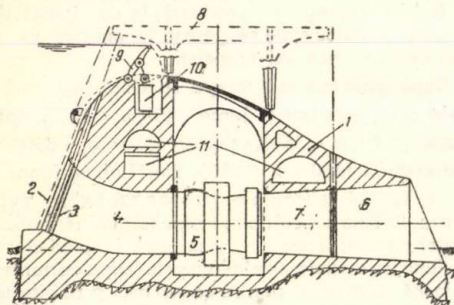
2. Turbină de flux: Turbină elicoidală cu admisiune frontală, cu arbore orizontal sau înclinat, folosită pentru căderi foarte mici de apă. Generatorul electric antrenat de turbină e dispus axial



I. Turbină de flux.

1) pale rotorice reglabile; 2) butuc; 3) capotă carenată; 4) arbore; 5) generator electric; 6) ventilator; 7) palieri; 8) pală statorică fixă; 9) capac carenat; 10) carcasă; 11) pală antesatorică.

sau concentric cu aceasta, formând un agregat monobloc, cu carcasă unică (v. fig. I). Dispozitivul de aducție, carcasă agregatului și tubul de



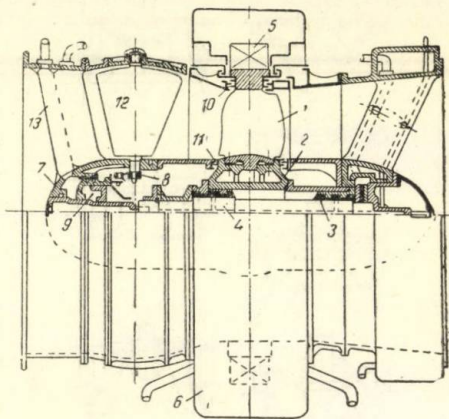
II. Dispoziția unei turbine de flux într-o centrală fluvială.

1) baraj deversor; 2) grătar cu curățitor mecanic; 3) stavilă de admisiune; 4) dispozitiv de aducție; 5) turbină; 6) tub de aspirație; 7) stavilă aval; 8) pod rulant; 9) clapetă automată; 10) servomotor; 11) galerii pentru deservirea centralei.

aspirație formează o conductă continuă amonte-aval a barajului. Turbina funcționează înneecat (v. fig. II) și e folosită în centrale fluviale.

Turbina axial-concentrică e un exemplu de turbină elicoidală de flux, al cărei rotor constituie,

împreună cu rotorul generatorului electric, (concentric cu acesta) un agregat monobloc, montat într-o singură carcasă. Turbina poate fi cu stator



III. Turbină axial-concentrică ($P=12\,700\text{ kW}$; $H=11,87\text{ m}$). 1) pală rotorică; 2) bucea; 3) palieri; 4) arbore; 5) rotorul generatorului electric; 6) carcasă; 7) capotă carenată; 8) mecanism de reglare a palelor statorice; 9) servomotor; 10) și 11) dispozitive de etanșare cu labirint; 12) pală statorică; 13) pală antesatorică.

reglabil sau cu dublu reglaj. Avantajul acestor turbine constă în randamentul lor, care e superior randamentului celor elicoidale normale, și în prețul lor de cost mai mic.

Fig. III reprezintă o turbină axial-concentrică, al cărei rotor e echipat cu pale fixe (1), montate în bucea (2), susținută de palieri (3) concentrice cu arborele fix (4) al turbinei; rotorul generatorului electric (5) constituie coronamentul exterior al palelor rotorului. Turbina și generatorul sunt montate în carcasă comună (6), formată din mai multe tronsoane, constituind un segment din conducta amonte-aval a barajului. Palele statorice, reglabile, sunt fixate prin pivoți între carcasă și capota carenată (7) a arborelui; în interiorul capotei sunt dispuse mecanismul de reglare (8) și servomotorul (9). Interstițiile dintre rotorul electric și carcasă, respectiv dintre bucea (2) a rotorului turbinei și capota (7), sunt etanșate prin dispozitive cu labirint, (10 și 11) în care se introduce aer comprimat.

3. ~ Francis. V. Turbină centripetă.

4. Turbină hidrolică cu repulsie: Sin. Turbină cu reacțiune (v.).

5. Turbină hidrolică cu suprapresiune: Sin. Turbină cu reacțiune (v.).

6. Turbină hidrolică de egală presiune: Sin. Turbină cu acțiune (v.).

După felul reglării turbinelor elicoidale, se deosebesc turbine cu stator reglabil, cu rotor reglabil și dublu reglabile.

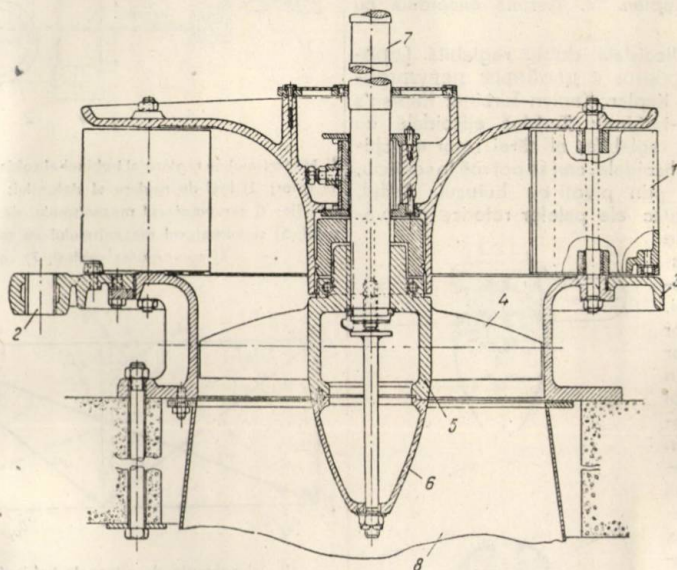
7. Turbină elicoidală cu stator reglabil [пропеллерная турбина с неподвижным статором; turbine hélicoïdales à stator réglable; Propeller-

turbine mit drehbarer Leitschaufeln; regulating stator helical turbine; fix szárnylapátú propeller-viz-turbina]; Turbină elicoidală cu palele statorului reglabile, al cărei rotor e echipat cu pale fixe, dispuse pe un butuc carenat. Uneori se construiesc turbine elicoidale cu pale statorice și rotorice fixe, folosite în centralele fluviale, pentru preluarea sarcinii de bază a acestora; astfel de turbine funcționează numai la puterea lor maximă, la care se obține randamentul optim. Numărul și forma palelor depind de tipul turbinei. Sin. Turbină cu pale fixe.

La turbina elicoidală tip semi-Kaplan, rotorul are 3-6 pale cu suprafața portantă mare, fixate rigid pe butuc (v. fig. I); palele pot fi dispuse radial

turbinei; palele (cu profilul parabolic convex) formează celule, prin care apa curge prin rotor, pătrunzând din stator în direcție diagonală. Tubul de aspirație (v.) se execută în tipul „hidrocon”.

La turbina elicoidală tip Sokolov, construită în întregime din lemn, rotorul are două sau patru pale (confectionate din scânduri de stejar, de pin sau de ulm impregnate cu ulei de înfiert sau acoperite cu un strat de lac de bachelită), ale căror capete sunt echipate cu benzi metalice înecate și fixate cu nituri. Statorul (distribuitorul) e constituit dintr-o coroană de pale directoare (de lemn) reglabile, iar camera de admisiune e deschisă. Tubul de aspirație, conic, poate fi drept sau uneori cotit (e format



I. Turbină elicoidală tip semi-Kaplan, cu stator reglabil și cu cameră de admisiune deschisă.

1) pală statorică reglabilă; 2) pârghia mecanismului de reglare; 3) inel de reglare; 4) pală rotorică fixă; 5) butuc; 6) capac; 7) arbore; 8) tub de aspirație.

ortogonal sau radial inclinat, față de axa turbinei. Interstițiul dintre stator și rotor e mare. Deoarece randamentul scade brusc cu sarcina, turbina poate funcționa numai pentru sarcini cuprinse între 80 și 100% din sarcina nominală.

La turbina elicoidală tip Bell, rotorul are în general două pale elicoidale, solidare pe o lungime mare cu butucul (până la jumătatea pasului elicei de bază) și turnate monobloc cu acesta; la partea inferioară, butucul are o proeminență conică, pentru evitarea cavității (v. fig. II).



II. Rotorul turbinei elicoidale tip Bell.

La turbina elicoidală tip Lawaczek, rotorul are 10-12 pale trapezoidale, fixate pe butuc și dispuse conic față de arborele

din doage de lemn strânse cu cercuri de oțel balot). Turbina Sokolov, care se construiește pentru căderi de 1,5-6 m și pentru puteri de 1,5-100 kW, are arborele vertical, care se poate cupla cu un generator electric, direct sau prin curea. E folosită în microcentrale, de exemplu în industria meșteșugărească, etc.

1. Turbină Bell [турбина Белла; turbine B.; B. Turbine; B.'s turbine; B. turbina]. V. sub Turbină elicoidală cu stator reglabil (cu pale fixe).

2. ~ Lawaczek [турбина Лавачек; turbine L.; L. Turbine; L.'s turbine; L. turbina]. V. sub Turbină elicoidală cu stator reglabil (cu pale fixe).

3. ~ semi-Kaplan [турбина Каплана с жесткими лопастями; turbine semi Kaplan; semi-K. Turbine; semi K.'s turbine; semi-Kaplan-vizturbina]. V. sub Turbină elicoidală cu stator reglabil

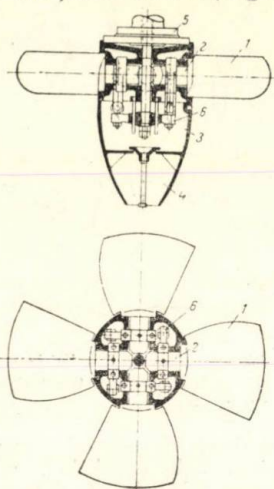
1. Turbină Sokolov. V. Turbină elicoidală cu stator reglabil.

2. Turbină elicoidală cu rotor reglabil [пропеллерная турбина с регулируемым ротором; turbine hélicoïdale à rotor réglable; Propellerturbine mit drehbarer Laufschaufeln; regulating rotor helical turbine; elállítható szárnylapátú propeller vízturbina]; Turbină elicoidală cu palele statorului fixe, al cărei rotor e echipat cu pale cu pas variabil, cari se pot roti în serviciu, fiind asamblate prin pivoți, cu butucul (v. fig. sub Turbină de flux). Reglarea debitului se face cu o vană, dispusă la intrarea în camera de admisiune. Se folosesc, în general, ca turbine de flux (v.). Sin. Turbină cu palele reglabile, Turbină semi-Kaplan.

3. ~ semi-Kaplan. V. Turbină elicoidală cu rotor reglabil.

4. Turbină elicoidală dublu reglabilă [пропеллерная турбина с двойным регулированием; turbine Kaplan; Kaplan-Turbine; Kaplan's turbine; Kaplan-turbina]; Turbină elicoidală cu palele statorului reglabile, al cărei rotor e echipat cu 3...6 pale elicoidale, cari se pot roti în serviciu, fiind asamblate prin pivoți cu butucul. Astfel, unghiurile de atac ale palelor rotorice pot varia

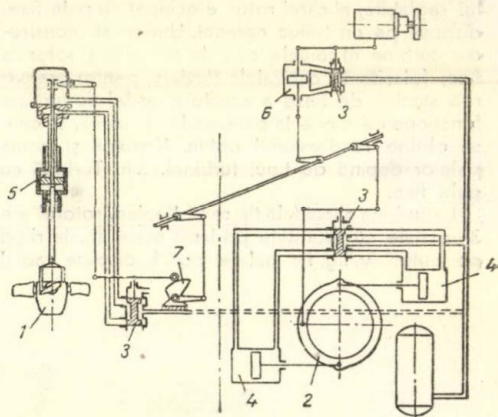
cu debitul de apă, ca să corespundă sarcinii variabile a turbinei. Mișcarea palelor în jurul pivoților se realizează prin intermediul unui mecanism stereomecanic, dispus în general în interiorul butucului (v. fig. I) și comandat de regulatorul turbinei; palele rotorului pot fi acționate, fie de servomotorul cu care se acționează și palele statorice, fie de un alt servomotor (în general cu comandă hidromecanică), montat în butucul rotorului. În ambele cazuri, reglarea e comandată de un singur regulator (v. fig. II) (v. și sub Reglarea turbinei Kaplan).



I. Rotorul unei turbine elicoidale dublu reglabile.

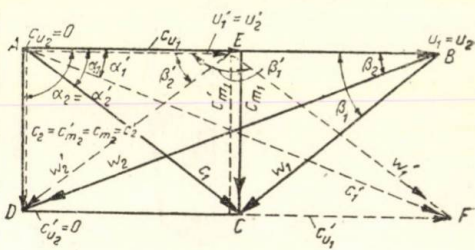
1) pală; 2) pivot; 3) butuc; 4) capac carenat; 5) arbore; 6) mecanism de reglare.

rației), iar profilul lor hidrodinamic se determină după metoda reprezentării conforme pe un schelet



II. Mecanismul de reglare al turbinei elicoidale dublu reglabile.

1) rotor; 2) inel de reglare al statorului; 3) sertare de distribuție; 4) servomotorul mecanismului de reglare al statorului; 5) servomotorul mecanismului de reglare al rotorului; 6) servomotor central; 7) camă.



III. Triunghiurile de viteze la turbinele elicoidale.

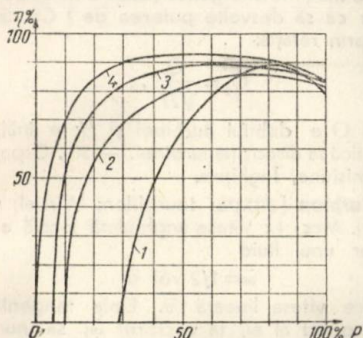
ABC) triunghiul de intrare la diametrul exterior al palelor; ABD) triunghiul de ieșire; AEF) triunghiul de intrare lângă butuc; AED) triunghiul de ieșire; u_1 și u_2) vitezele periferice ale rotorului, la diametrul exterior al palelor, corespunzătoare intrării și ieșirii apei ($u_1 = u_2$); c_1 și c_2) vitezele absolute de intrare, respectiv de ieșire ale apei față de rotor ($c_2 \perp u_2$); c_{u1} și c_{u2}) componentele vitezelor absolute c_1 și c_2 după direcțiile vitezelor periferice; c_{m1} și c_{m2}) componentele axiale ale vitezelor absolute c_1 și c_2 ($c_{m1} = c_{m2} = c_2$); w_1 și w_2) vitezele relative de intrare și de ieșire față de rotor; α_1 și α_2) unghiurile vitezelor c_1 și c_2 cu vitezele u_1 și u_2 ; β_1 și β_2) unghiurile vitezelor w_1 și w_2 cu vitezele u_1 și u_2 ; u'_1 , u'_2 , c'_1 , c'_2 , c'_{u1} , c'_{u2} , c'_{m1} , c'_{m2} , w'_1 , w'_2 , a'_1 , a'_2 , β'_1 și β'_2) vitezele și unghiurile referitoare la diametrul butucului.

parabolic, ținând seamă și de diagrama vitezelor (v. fig. III).

Randamentul turbinei dublu reglabile se apropie cel mai mult de randamentul optim al turbinelor cu cupe; turbina funcționează și la sarcini

foarte reduse ($0,3 \dots 0,4 P_{max}$) cu un randament satisfăcător față de randamentul celorlalte turbine (de ex., la turbinele elicoidale cu stator reglabil, randamentul e nul când sarcina scade sub 40%) (v. fig. IV).

Alte avantaje ale turbinei cu pale reglabile consistă în posibilitatea supraîncărcării la



IV. Variația randamentului în funcție de sarcină și de tipul turbinei.

η) randament; P) sarcină; 1) turbină cu reacțiune, elicoidală; 2) turbină cu reacțiune, centripetă; 3) turbină cu acțiune, cu cupe; 4) turbină cu reacțiune, elicoidală, dublu reglabilă.

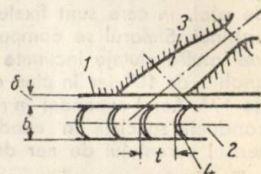
sarcini de 115...120%, prin supradeschiderea paletelor rotorului, cum și în transportul ușor, datorită rotorului cu piese demontabile. Desavantajele sunt: cavitația provocată de încărcarea prea mare a paletelor, cu suprafețe foarte mici; preț mare, astfel că nu pot fi folosite rațional

multe unități, se folosesc turbine cu rotor reglabil sau dublu reglabil numai pentru acoperirea vârfului de sarcină). Sin. Turbină Kaplan.

1. Turbină Kaplan. V. Turbină elicoidală dublu reglabilă.

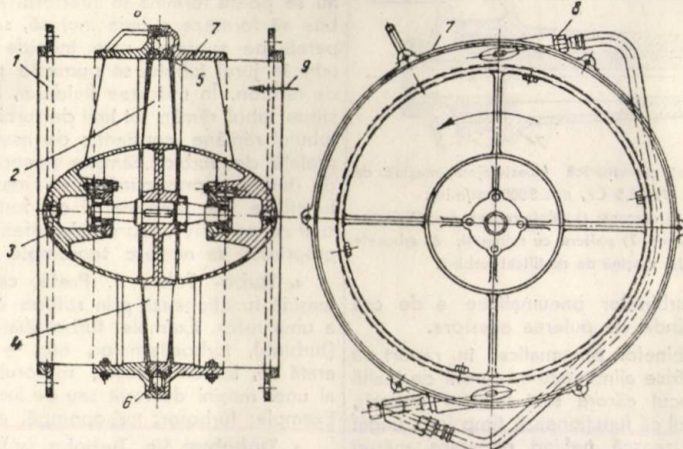
2. Turbină pneumatică [пневматическая турбина; turbine pneumatique; pneumatische Turbine; pneumatic turbine; pneumatikus vizturbina]: Motor cu rotor, care transformă energia elastică a aerului comprimat în energie stereomecanică. Fluidul motor (aer comprimat la presiunea de 6...7 ata) e alimentat de o rețea pneumatică și expandează în turbină până aproape de presiunea atmosferică (1,1...1,2 ata). Constructiv, turbinele pneumatice diferă după scopul în care sunt folosite, însă în general sunt caracterizate prin dimensiuni mici și construcție compactă.

Statorul se compune, în general, dintr'un disc (de metal alb sau de fontă), în care unul sau mai multe ajutaje sunt dispuse pe un cerc periferic, și turnate monobloc cu discul, axa ajutărilor fiind înclinată sub un unghi de 17...20° față de planul discului (v. fig. I); uneori, ajutajele statorului sunt turnate monobloc cu carcasa. — Rotorul (în general de duralumin) e mo-



I. Secțiune cilindrică prin pale-tajul statoric și rotoric al unei turbine pneumatice.

1) stator; 2) rotor; 3) ajutaj; 4) paletă rotorică; t) pasul paletelor rotorice; b) lățimea paletelor (b=1,25 t); δ) interstițiul stator-rotor ($\delta \approx 0,1$ mm).



II. Compresor axial antrenat de o turbină pneumatică.

1) conductă de ventilație; 2) rotorul compresorului; 3) capac cărenat; 4) rotorul turbinei; 5) bandaj; 6) paleta rotorică a turbinei; 7) carcasa turbinei; 8) ajutaj; 9) direcția curentului de aer.

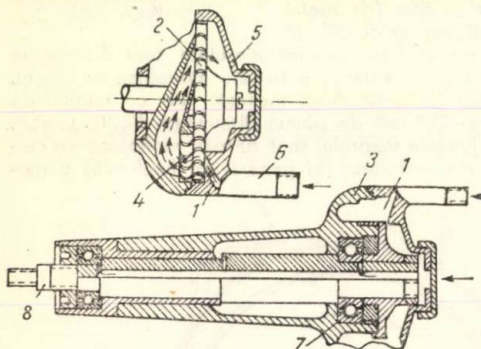
decât în uzine cu număr mic de unități, cari lucrează la sarcini reduse și cu utilizarea totală a debitului de apă (în uzine de mare putere, cu

nobloc cu arborele și cu paletetele. — Carcasa (de fontă sau de metal alb) are forma unui corp de revoluție (aproape cilindric) și e, în general, co-

mună pentru turbină și pentru mașina antrenată. La partea din spre admisiune, carcasa are un capac echipat cu un robinet de admisiune, la care se racordează conducta de aducție a aerului comprimat. La partea din spre evacuare a turbinei, carcasa are fante, pentru ieșirea aerului din turbină.

La turbinele pneumatice folosite pentru acționarea compresoarelor (de ex. în mine), rotorul turbinei e concentric cu cel al compresorului (v. fig. II). Palele rotorice ale compresorului (în general de aluminiu) au la periferie un bandaj de oțel, în care sunt fixate paletetele rotorice ale turbinei. Statorul se compune din unul sau din mai multe ajutăje înclinate în plan vertical cu un unghi de 10° , iar în plan horizontal, cu un unghi de 17° . Aerul expandat în rotor e evacuat printr-o conductă specială în conducta de ventilație, în sensul curentului de aer de ventilație.

Turbinele pneumatice, cari se construiesc pentru turații înalte ($10\,000\text{--}80\,000$ rot/min) și puteri mici (<1 CP), sunt de obicei unietajate sau cuasietajate. La turbinele cuasietajate, vana de aer care părăsește rotorul e redresată într-o coroană de paletete speciale, dispuse în dreptul ajutăjelor, și e dirijată din nou spre rotor, printr-o conductă curbă din carcasa turbinei (v. fig. III).



III. Agregat turbină pneumatică (cuasietajată)-mașină de rectificat ($N=0,5$ CP, $n=38\,000$ rot/min).

1) stator; 2) rotor; 3) carcasă; 4) paletete redresoare; 5) capac; 6) țevă de admisiune; 7) paliere cu rulmenți; 8) arborele agregatului mașină de rectificat-turbină.

Randamentul turbinelor pneumatice e de cca $0,2\text{--}0,5$ și depinde de puterea acestora.

Avantajul turbinelor pneumatice, în raport cu motoarele electrice alimentate cu curent de înaltă frecvență (în locul cărora sunt folosite uneori), constă în faptul că funcționează timp îndelungat fără să se încălzească, nefiind necesare măsuri speciale de răcire; dezavantajul constă în faptul că nu pot păstra turația constantă la variații de sarcină.

Turbina pneumatică se folosește, în general, la antrenarea anumitor mașini-unelte portative sau la antrenarea directă a arborilor mașinilor de rectificat. Uneori, turbina pneumatică e folosită în mine,

la antrenarea unor compresoare pentru aerisirea abatajelor.

1. Turbinei, debitul specific al $\sim$ [удельный расход турбины; le débit spécifique de la turbine; spezifische Leistung der Turbine; specific output of the turbine; turbina fajlagos vizszállítása]. Mș.: Debitul de apă al unei turbine, pentru o înălțime energetică (cădere netă) de 1 m, necesar ca să desvolte puterea de 1 CP. Se exprimă prin relația:

$$Q_s = \frac{Q}{\sqrt{H}},$$

în care Q e debitul turbinei și H e înălțimea energetică la dispoziția turbinei. — Sin. Capacitate de admisiune, înghițire.

2. Turbion [вихрь; tourbillon; Wirbel; whirl; örvény]. Mec. 1.: Viteza unghiulară locală a particulelor unui fluid

$$\bar{\omega} = 1/2 \text{ rot } \bar{v}$$

care are viteza lineară $\bar{v}$. Linia tangentă, în fiecare punct al ei, la vectorul $\bar{\omega}$, se numește linie de turbion. Suprafața alcătuită din liniile de turbion cari întâlnesc o curbă dată se numește suprafață de turbion. — 2. Linie turbion (v. Turbion 1), izolată într'un fluid. Termenul e sinonim cu fir turbion (v.). — 3. Sin. Vârtej (v.).

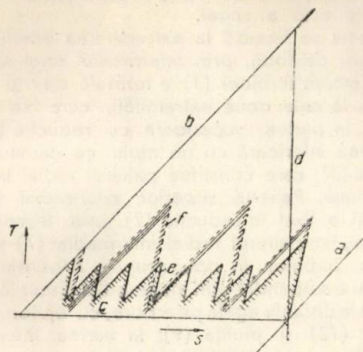
3. Turbion, tub de $\sim$ [вихревая трубка; tube de tourbillon; Wirbelröhre; whirl tube; örvénycső]. Mec.: Tubul de fluid format de liniile de turbion cari trec prin punctele unei curbe închise (de dimensiuni lineare mici). Circulația de-a-lungul unei curbe închise de pe suprafața tubului și înconjurând tubul e aceeași de-a-lungul întregului tub; deci, o linie de turbion nu se poate termina în interiorul fluidului, ci trebuie să formeze o linie închisă, sau să aibă capetele pe suprafața care închide fluidul. Circulația în jurul tubului se numește puterea tubului de turbion. În mișcarea fluidului, liniile cari constituie tubul rămân tot linii de turbion, iar puterea tubului rămâne constantă; de asemenea, o suprafață de turbion rămâne neconținut suprafață de turbion, presupunând că masa specifică e funcțiune de presiune și că forțele exterioare sunt conservative. Teoremele referitoare la aceste proprietăți se numesc teoremele lui Helmholtz.

4. Turbo- Tehn.: 1. Prefix care arată că o mașină funcționează prin rotația cu turație înaltă a unui rotor. Exemple: turbosuflantă, turbomotor (turbină), turboalternator, etc. — 2. Prefix care arată că, într'un agregat, motorul de antrenare al unei mașini de forță sau de lucru e o turbină. Exemple: turbofor, turbopompă, etc.

5. Turbobur: Sin. Turbofor (v.).

6. Turbocompresor [турбокомпрессор; turbocompresseur; Turbokompressor; turbocompressor; turbokompressor] Mș.: Compresor, format dintr'un stator și un rotor cu paletete, care comprimă un mediu gazos la o presiune mai înaltă decât $2,5$ ats. Compresiunea se produce, în ge-

neral, în mai multe etaje. Între etajele acestui compresor se realizează, de cele mai multe ori, o răcire a mediului comprimat, pentru că tempe-



1. Curba de compresiune a unui turbocompresor, reprezentată în coordonate T-S.

a) presiunea inițială; b) presiunea finală; c) compresiunea izotermică; d) compresiunea adiabatică; e) compresiunea într'un turbocompresor cu șapte răcitoare intermediare; f) compresiunea într'un turbocompresor cu trei răcitoare intermediare.

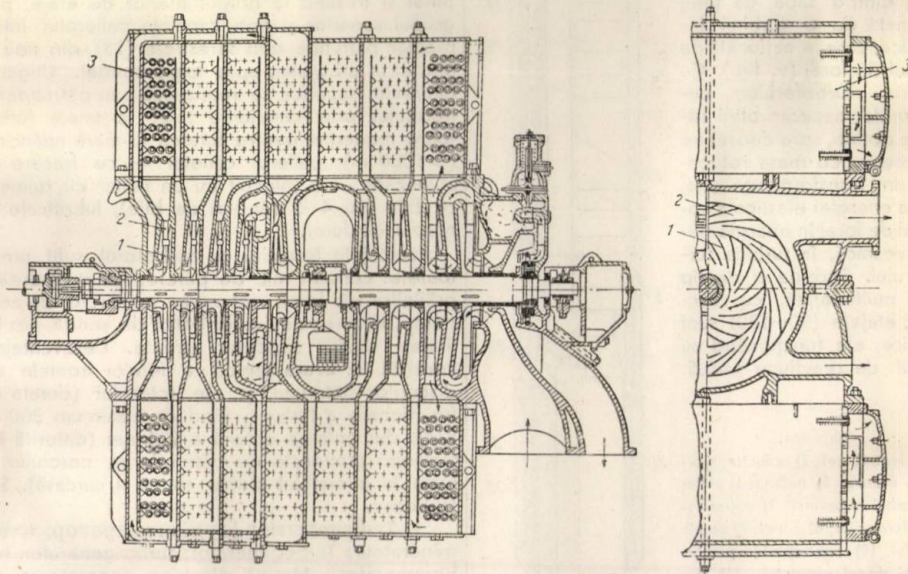
ratura gazului crește odată cu raportul de compresiune și pentru că se tinde spre o compresiune izotermică a gazului (v. fig. 1), știind că răcirea

fie după fiecare grup de trepte, prin răcitoare montate în exterior; la unele turbocompresoare recente se folosesc răcitoare cu țevi de răcire, ceea ce reprezintă o soluție constructivă mai simplă și mai ieftină, care permite o întreținere mai ușoară (v. fig. 11). Principiul și caracteristicile de funcționare ale turbocompresoarelor sunt asemănătoare cu cele ale turbosuflantelor (v.). Reglarea se face de obicei la presiune constantă, deoarece turbocompresoarele sunt destinate, de obicei, să alimenteze rețele a căror presiune trebuie menținută constantă, independent de debitul utilizat.

Turbocompresoarele sunt utilizate, în general, pentru presiuni finale ale gazului de 3...10 atsi și pentru debite cuprinse între 3 000 și 120 000 m³/h. Se folosesc în industria metalurgică, minieră, chimică sau petrolieră, cum și la grupuri de turbine cu gaze sau la transportul gazelor. Sin. Rotocompresor.

După direcția pe care o are curentul de fluid în rotor, față de axa de rotație a acestuia, se deosebesc turbocompresoare radiale și turbocompresoare axiale.

La turbocompresoarele radiale, direcția principală a fluxului de gaze în rotor e perpendiculară pe axa de rotație. În procesul de comprimare a gazelor până la o presiune de cca 8...10 atsi, intervine și forța centrifugă; din această cauză, ele se numesc și turbocompresoare cen-



11. Turbocompresor radial.

1) rotor; 2) directrice; 3) răcitor intermediar.

intermediară a acestuia are ca efect un consum mai mic de energie (v. Compresor). Răcirea gazelor se poate face, fie la fiecare etaj, prin răcitoare montate chiar în interiorul turbocompresorului,

trifuge. În turbocompresorul radial, care are în general 9...10 trepte, gazul intră în rotor axial (în direcția axei arborelui compresorului) și iese din acesta radial. Sin. Turbocompresor centrifug,

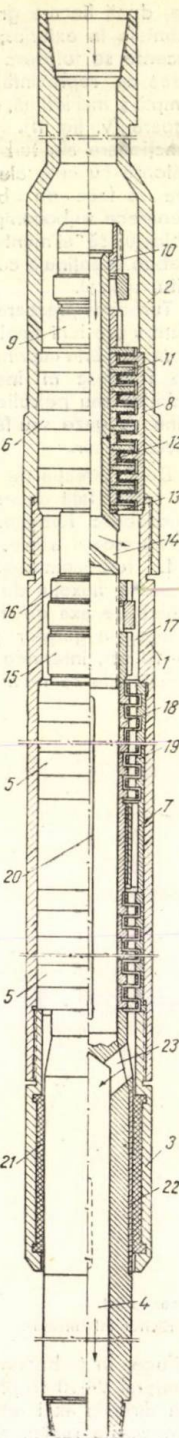
Rotocompresor radial, Rotocompresor centrifug.

La turbocompressoarele axiale, direcția principală a fluxului de gaze în rotor e paralelă cu axa de rotație. În procesul de comprimare a gazelor intervine forța portantă datorită rotirii rotorului, adică diferența de presiune dintre cele două fețe ale paletelor acestuia (condiționată de existența unei circulații a gazului în jurul paletelor). În turbocompresorul axial, gazul intră axial (în direcția axei arborelui compresorului) și iese axial sau aproape axial. Acest compresor nu se recomandă pentru presiuni mai înalte decât 5 atms sau pentru utilizări la care sunt necesare variații de debit (v. și Turbosuflantă). Sin. Rotocompresor axial.

1. Turbofor [турбофор; turbosondeur; Turbobohrer; turbodrilling; turbofuró]. Expl. petr.: Agregat folosit la forarea sondelor de țiteiu, constituit dintr-o sapă de foraj antrenată de o turbină hidraulică, care e acționată de noroiul de foraj (v. fig.). Cu ajutorul turboforului, cuplul motor necesar rotirii sapei se obține, spre deosebire de sistemul cu masă rotitoare, prin transformarea unei părți a energiei elastice a noroiului de foraj în energie stereomecanică, în turbina turboforului. Turbina e de tip axial, multietajată, cu reacțiune; etajele (90...130) sunt identice, ele funcționând cu gradul de reacțiune $\rho=0,5$.

Turbofor.

1) carcasa turbinei; 2) reducăție; 3) niplu; 4) arbore; 5) turbină; 6) palier axial-radial superior; 7) palier radial intermediar; 8) pivot; 9) piulița pivotului; 10) contrapiulița pivotului; 11) discul pivotului; 12) bucea pivotului; 13) inel de reglare; 14) și 23) fereastră; 15) piulița rotorului; 16) contrapiulița rotorului; 17) spațiu inelar; 18) disc de rotor; 19) disc de stator; 20) pana rotorului; 21) garnitură de cauciuc; 22) bucea inferioară a arborelui.



Numărul mare de etaje permite obținerea unei turații joase (300...700 rot/min) la diametru mic al turbinei (175...250 mm), necesar pentru antrenarea directă a sapei.

Turbina se fixează la extremitatea inferioară a garniturii de foraj, prin intermediul unei reducății (2). Carcasa turbinei (1) e formată dintr-o țeavă filetată la cele două extremități, care se assemblează la partea superioară cu reducăția (2) și, la partea inferioară cu un niplu cu garnitură de cauciuc (3), care constituie palierul radial inferior al turbinei. Palierul superior axial-radial (6) al turbinei e fixat în reducăția (2), prin înșurubarea carcasei, iar palierul radial intermediar (7) separă etajele turbinei în două grupuri. Arborele (4) al turbinei e suspendat prin intermediul discurilor (11), strânse la distanțe egale pe arbore, cu ajutorul bucelor (12) și piulița (9); la partea inferioară, arborele are un filet unic, pentru asamblarea (directă sau prin intermediul unei reducății) cu sapa. Discurile (18) ale rotorului, identice ca formă și dimensiuni, sunt fixate pe arbore prin pene și sunt asigurate axial prin piulița (15). Discurile (19) ale statorului, alternând cu cele ale rotorului, sunt fixate în carcasă, rezemându-se pe niplul (3).

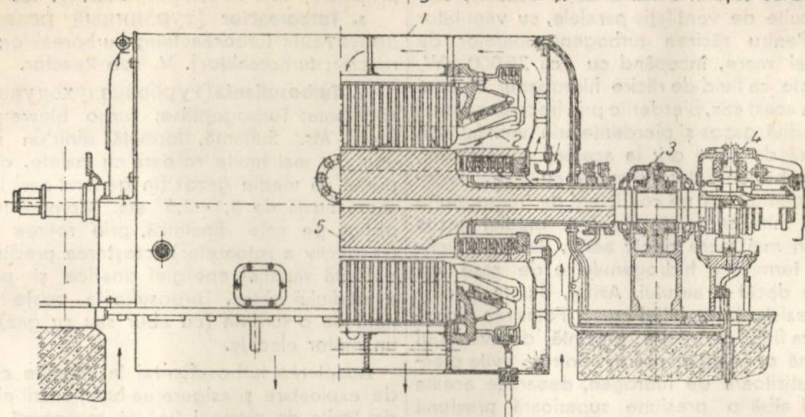
Modul de funcționare al turboforului e următorul: noroiul din prăjiniile de foraj pătrunde, prin canalul central al părții superioare a arborelui turbinei și prin ferestrele (14), în spațiul inelar (17) dinaintea turbinei; apoi e condus în etajele turbinei și trecând la grupul inferior de etaje, prin grupul superior și prin canalele palierului intermediar pătrunde prin ferestrele (23) din nou în interiorul arborelui, spre talpa sondei. Ungerea palierului superior se realizează prin pătrunderea noroiului prin canelurile sale; la unele turbofoare moderne, pentru forarea la mare adâncime (>5000 m), palierul canelat — cu frecare de alunecare — e înlocuit cu un palier cu rulmenți cu bile (cu 4...5 rânduri de bile), lubrificate cu noroiul de foraj.

Avantajele forajului cu turboforul sunt următoarele: consum mic de putere, uzura redusă a prăjinilor de foraj, reducerea numărului de accidente, evitarea devierilor găurii de sondă, posibilitatea săpării sondelor dirijate. Desavantajele consistă în: uzura rapidă a fezelor frontale ale discurilor statorului și ale rotorului (durata de funcționare a turbinei fiind de maximum 300 de ore), demontarea dificilă a turbinei (datorită înțepenirii provocate de pătrunderea noroiului cu nisip în interstițiul dintre stator și carcasă). Sin. Turbobor.

2. Turbogenerator [турбогенератор; turbogénérateur; Turbogenerator; turbo-generator; turbogenerátor]; Mașină electrică generatoare (v. sub Mașină electrică), antrenată prin cuplare directă de o turbină cu abur sau cu gaz, dar nu de o turbină hidraulică (v. Hidrogenerator). Datorită turației înalte a turbinei cu abur sau cu gaz, turbogeneratoarele sunt caracterizate prin soluții constructive prin care se reduc sau se combat efectele forțelor centrifuge. Aceste soluții se caracterizează

prin diametru relativ mic și lungime axială relativ mare și prin numărul mic de perechi de poli, cari sunt de tipul înnețat.

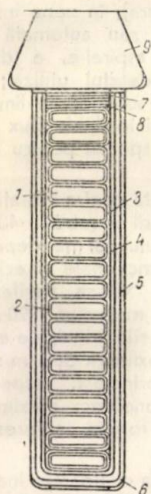
polii). Rotorul mașinii se compune dintr'un cilindru format din una sau din mai multe bucăți (adesea gol în interior), executat din oțel carbon, iar în



I. Turbogenerator de 6000 kW, 3000 rot/min.

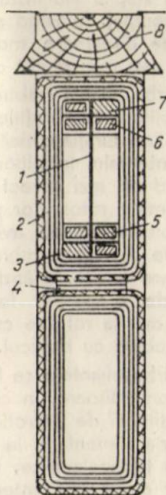
1) carcasa statorului; 2) înfășurarea statorului; 3) palier; 4) excitatoare; 5) rotor.

Cele mai răspândite turbogeneratoare sunt generatoarele sincrone de curent alternativ, cari au excitație în rotor și se numesc turboalternatoare sincrone.



II. Crestătura rotorului turbo-generatorului.

1) conductoare de cupru; 2) izolație în spirală; 3) tub izolant; 4) și 5) membranele interioară și exterioară, de protecție a tubului; 6) și 7) garnituri de material fibros; 8) garnitură de micanită; 9) pană metalică rezistând la vitesele mari ale periferiei rotorului.



III. Crestătura statorului.

1) micanită; 2) bandă de asbest; 3) bandă de micanită; 4) garnitură de fibre; 5) asbeston; 6) conductor; 7) masă de asbest; 8) pană.

cazul unităților mari, din oțel special crom-nichel. Contra efectelor forței centrifuge, înfășurarea de excitație e fixată prin penele cari închid creștăturile rotorului (v. fig. II) și prin bandajele masive de oțel forjat, cari cuprind părțile frontale ale înfășurării. — Înfășurările rotoarelor turbogeneratoarelor sunt supuse unui proces prealabil de coacere, care consistă în încălzirea înfășurării, după impregnare, până la 100°, într'un cuptor special, însoțită de presarea mecanică a înfășurării, ceea ce produce topirea lacului izolator și pătrunderea acestuia în toate golurile, între izolație și cupru. Astfel, spirele bobinelor se lipesc între ele și înfășurarea rotorului devine o construcție rezistentă.

Rotorul turbogeneratorului are lungime mare (până la 6,5 m) și diametru relativ mic (până la 1 m).

Statorul turbogeneratorului se execută din tole și se împarte, în direcție axială, în pachete cu lățimea de 3...6 cm, între cari se lasă canale de ventilație cu lățimea de 10...15 mm. Creștăturile statorului sunt adesea de forma deschisă (v. fig. III). Izolația înfășurării e continuă pe toată lungimea bobinei. Înainte de așezarea în creștături, înfășurarea e supusă operațiunilor succesive de uscare la temperatura de cca 150°, de eliminare sub vid a bășicilor de aer din izolație și de impregnare a izolației cu lac, sub presiunea de 6...8 at. Statorul generatorului e un corp întreg, iar carcasa lui se execută prin sudare, din oțel laminat.

Palierul are, de obicei, ungere sub presiune în circuit închis.

Pentru răcirea turbogeneratoarelor a căror putere depășește 500 kW se folosește răcirea prin ventilație în circuit închis. Presiunea necesară circulației aerului se produce cu ajutorul unui ventilator centrifug, fixat de rotorul generatorului. Pentru

Fig. I reprezintă o secțiune printr'un turbo-generator de 6000 kW, 3000 rot/min (cu doi

îmbunătățirea răcirii părților, ale mașinilor de lungime mare, generatorul e împărțit în secțiuni de ventilație, la cari aerul e adus separat, formând circuite de ventilație paralele, cu ventilator comun. Pentru răcirea turbogeneratoarelor de putere mai mare, începând cu cca 25 000 kW, se folosește ca fluid de răcire hidrogenul în locul aerului. În acest caz, pierderile prin frecarea rotorului cu mediul gazos și pierderile prin ventilație se micșorează de zece ori; la aceleași dimensiuni, puterea turbogeneratorului crește cu 20%, deoarece hidrogenul dă un coeficient de transmisie a căldurii între suprafața răcită și mediul gazos de 1,5 ori mai mare decât aerul, iar conductibilitatea termică a hidrogenului e de șase ori mai mare decât a aerului. Astfel, durata în serviciu și rezistența izolației cresc. Folosirea hidrogenului ca fluid de răcire prezintă desavantajul că reclamă o bună etanșare, pentru a evita pierderile costisitoare de hidrogen, deoarece acesta trebuie să aibă o presiune superioară presiunii atmosferice, fiindcă altfel randamentul său termic ar scădea și ar fi și riscuri de amestec cu aerul în interiorul mașinii, provocând greutăți de etanșare, mai ales în punctele de trecere a arborelui. Acestea au fost evitate construind, în loc de un înveliș perfect etanș, trei învelișuri, unul într'altul; hidrogenul are presiunea necesară numai în compartimentul interior, presiune mai joasă în cel intermediar, și o presiune numai puțin superioară celei atmosferice, în compartimentul exterior, dând mici diferențe de presiune dela un compartiment la altul și deci scăpări mici, chiar dacă etanșeitatea nu e prea bună. Detentele produse astfel contribuie și la răcirea mașinii.

În ultimul timp, răcirea cu hidrogen tinde să fie înlocuită prin răcirea cu abur, mai precis, cu apă pulverizată. În acest fel, răcirea e mult ameliorată, prin căldura absolută de evaporare a apei. — Inconvenientul răcirii cu apă pulverizată constă în riscul de condensare la pornire și la oprire, dacă nu se iau anumite măsuri.

Excitarea, care alimentează prin inele de contact înfășurarea de excitație a turbogeneratorului, se cuplează cu rotorul printr'un manșon, iar la mașinile mari, printr'un manșon elastic.

Puterea turbogeneratoarelor variază dela 500 până la 150 000 kW, la tensiuni de 0,4...16 kW.

1. Turbopompă [турбоначос; turbo-pompe; Turbo-Pumpe; turbo-pump; turbina-szivattyú]: Agregat constituit dintr'o pompă (în general cu rotor) și o turbină care o antrenează.

Pompa se cuplează cu turbina, fie direct, fie prin intermediul unui reductor (în cazul pompei cu turație joasă). Turbopompele sunt folosite la pomparea debitelor foarte mari sau ca grup de siguranță în centralele termoelectrice, pentru dublarea pompei de alimentare a căldurilor cu abur, a pompei de ulei ale turbinelor, a pompei de condensat, a pompei de circulație, etc.

2. Turbopropulsor [турбопропеллер; turbo-propulseur; Turbopropeller; turbopropeller; turbo-propeller]: Sin. Reactopropulsor. V. sub Reactor.

3. Turboreactor [турбинный реактивный двигатель; turboreacteur; Turboreaktor; turbo-reactor; turboreaktor]. V. sub Reactor.

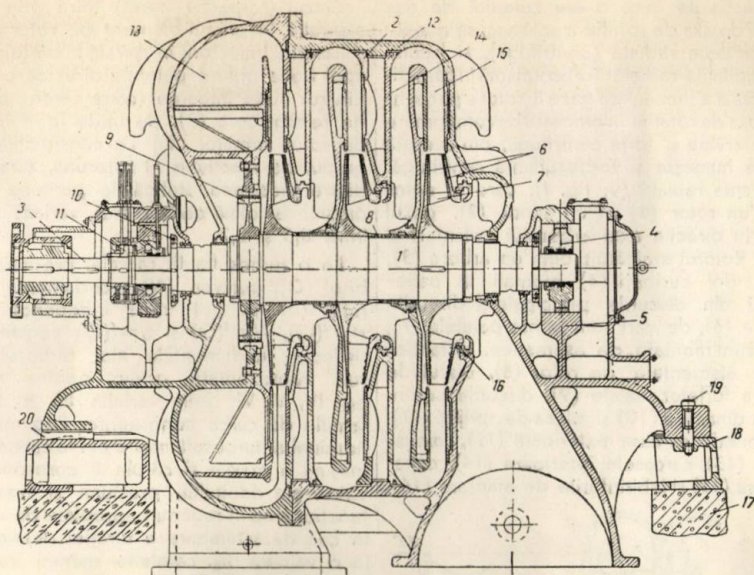
4. Turbosuflantă [турбовоздуходувка; turbosoufflante; Turbogebläse; turbo blower; turbosoufflé]. Mș.: Suflantă, formată dintr'un stator și unu sau mai multe rotoare cu palete, cari comprimă un mediu gazos (în general aer) la o presiune finală de 0,1...2,5 at. Compresiunea se obține pe cale dinamică, prin rotirea rotorului (respectiv a rotoarelor), creșterea presiunii fiind datorită variației energiei cinetice și potențiale a mediului gazos. Turbosuflanta poate fi antrenată de o turbină (cu abur sau cu gaz) sau de un motor electric.

Adaptarea turbosuflantei la anumite condițiuni de exploatare și asigurarea funcționării ei dincolo de limita de pompaj (v.) se realizează prin reglare. Reglarea se poate efectua: în zona stabilă, prin acționarea manuală sau automată a regulatorului de turație a mașinii de antrenare, a clapetei de laminare (montată la gura de refulare sau în conducta de aspirație), a paletelor directe (variind unghiul acestora); în zona instabilă, prin evacuarea manuală sau automată în atmosferă sau în conducta de aspirație, a diferenței dintre debitul critic și debitul utilizat; în zona stabilă sau instabilă, prin schimbarea limitei de pompaj, folosind construcții în dublu flux sau palete directe mobile, în special pentru debite mai mici decât cel critic.

Turbosuflanta trebuie asigurată contra vibrațiilor (amplitudinea vibrațiilor trebuie să fie sub 30...40 μ), stabilind turația critică a rotorului cât mai departe de intervalul turațiilor sale funcționale și echilibrând cât mai corect rotorul. Viteza periferică maximă a rotoarelor poate fi: maximum 190 m/s la rotoare nituite, având discurile principale executate din table îmbinate; maximum 300 m/s la rotoare nituite, având discul principal, respectiv cel de acoperire, forjate monobloc; maximum 460 m/s la rotoare cu palete forjate sau presate monobloc cu butucul.

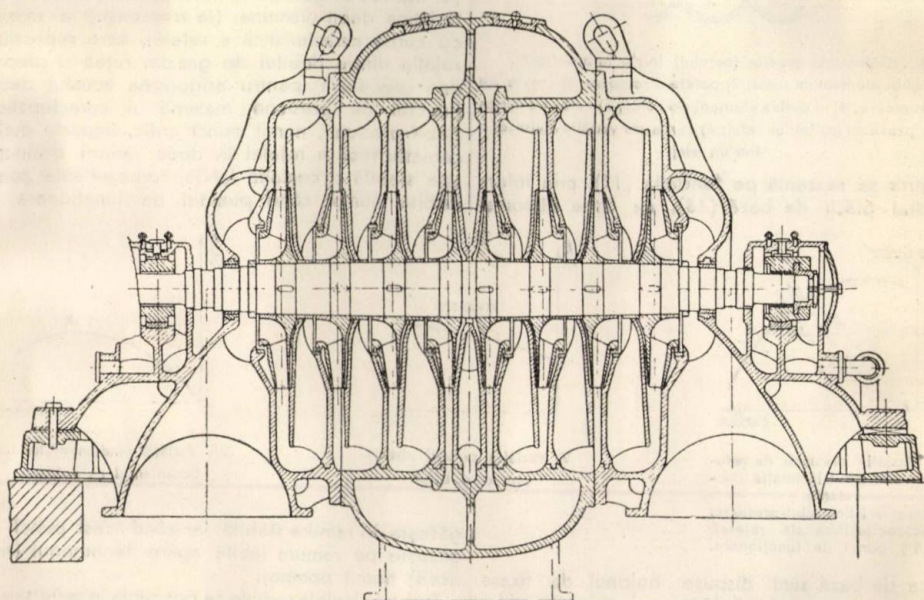
Turbosuflantele se folosesc la cuptoarele înalte, la convertitoare, în cocserii, în industria minieră, în rafinării de petrol, în industria chimică, în industria alimentară, la lucrări sub cheson, în centrale termoelectrice, la supraalimentarea motoarelor cu ardere internă, în instalații termice și frigorifice, în instalații de distribuție a gazelor, la turboreactoare, etc. — Sin. Suflantă cu rotor, Rotosuflantă. —

După felul în care curentul de gaz străbate turbosuflanta, aceasta poate fi cu flux simplu sau dublu. Suflanta cu flux simplu are un orificiu de intrare și unul de ieșire (v. fig. I); cea cu flux dublu are două orificii de intrare, un orificiu de ieșire și un număr dublu de rotoare, dispuse simetric pe arbore (v. fig. II).



I. Turbosuflantă radială, cu flux simplu.

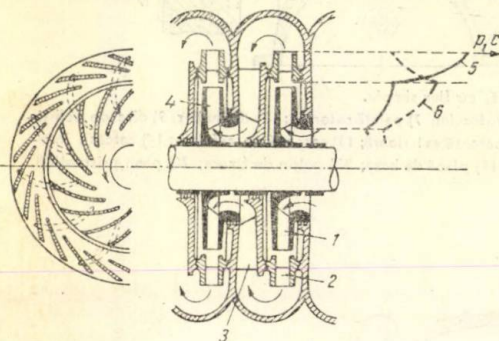
1) rotor; 2) stator; 3) arbore; 4) cusinet; 5) palier; 6) discurile rotorului; 7) paletă rotorică; 8) distanțier; 9) disc de echilibrare; 10) disc de echilibrare dinamică; 11) placă de sprijin; 12) carcasă ext-rioară; 13) carcasă de refulare; 14) carcasă interioară; 15) canal difuzor; 16) labirint de etanșare; 17) fundație; 18) placă de bază; 19) bulon de fixare; 20) pană prismatică.



II. Turbosuflantă radială, cu flux dublu.

După direcția pe care o are curentul de gaz în rotor, față de axa de rotație a acestuia, se deosebesc turbosuflantă radiale (centrifuge), și axiale.

1. Turbosuflantă radială: Turbosuflantă în care direcția principală a fluxului de gaze în rotor e perpendiculară pe axa de rotație. În procesul de comprimare a gazelor intervine și forța centrifugă; din această cauză, ea se numește și turbosuflantă centrifugă. În turbosuflantă radială (v. fig. I), care se compune dintr'un rotor (1) și un stator (2), gazul intră axial (în direcția axei arborelui suflantei) și iese radial. Rotorul e alcătuit dintr'un arbore (3), sprijinit pe doi cusișeți (4) montați în palier-rele (5), și din discurile principale și discurile de acoperire (6), de cari sunt prinse paletele (7); pe arbore sunt montate, de asemenea, distanțierele dintre elementele de rotor (8), discul de echilibrare a forțelor axiale (9), discurile pentru echilibrarea dinamică (10) și placa de sprijin (11). Statorul cuprinde carcasa exterioră (12), carcasa de refulare (13), carcasa interioară (14), canalele difuzoare (15) și labirinturile de etanșare (16).



III. Traectoria gazelor (aerului) într'o turbosuflantă.

1) primul element de rotor; 2) palete directoare; 3) canale de reîntoarcere; 4) al doilea element de rotor; 5) curba de variație a presiunii (p) într'un etaj; 6) curba de variație a vitezei (c) într'un etaj.

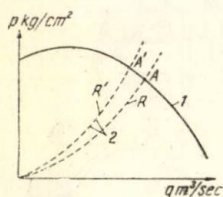
Mașina se reazemă pe fundația (17), prin intermediul plăcii de bază (18), iar între stator și

Gazul (respectiv aerul) intră prin orificiul de aspirație în primul element de rotor (1) (fig. III), descriind traiectoria în spirală la părăsirea acestuia; apoi trece printre paletele directoare (2) sau prin difuzor și se întoarce (către centru) prin canalele de reîntoarcere (3), de unde intră în elementul de rotor următor (4). La construcțiile obișnuite, gradul de reacțiune al rotorului, care e raportul dintre presiunea statică la periferia rotorului și presiunea totală pe un etaj variază aproximativ între 0,5 și 0,7.

La o turbosuflantă radială, presiunea (P), debitul (Q), puterea (N), randamentul (η) și turația (n) nu pot varia independent. Relațiile $P=f(Q)$, $N=f(Q)$ și $\eta=f(Q)$ constituie caracteristicile fundamentale ale turbosuflantei, cari sunt reprezentate grafic, pentru $n=\text{const.}$, în fig. IV, V, VI; prin variația lui n se obține o familie de curbe congruente. Regimul de lucru nominal al turbosuflantei e cel la care randamentul mașinii e maxim și căruia îi corespund anumite valori ale debitului, presiunii și turației; pentru funcționarea în regimuri apropiate de cel nominal, în caz de schimbare a turației dela o valoare n_1 la o valoare n_2 , celelalte mărimi variază după următoarele relații:

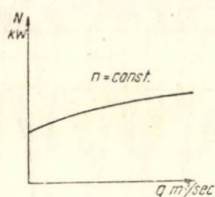
$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}, \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2} \quad \text{și} \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{n_1^3}{n_2^3}$$

Curba caracteristică debit-presiune, care diferă după tipul de turbosuflantă, depinde de unghiul de ieșire al paletei, de randamentul hidraulic, și de construcția mașinii (cu directoare sau cu difuzor). Punctul de funcționare (A) al turbosuflantei (v. fig. IV) se găsește la întretașirea curbei caracteristice debit-presiune (la $n=\text{const.}$) a mașinii cu curba caracteristică a rețelei, care reprezintă relația dintre debitul de gaz din rețea și presiunea necesară pentru asigurarea acestui debit. Punctul de presiune maximă al caracteristice debit-presiune, numit punct critic, împarte curba caracteristică a rețelei în două ramuri distincte: una stabilă și cealaltă labilă; turbosuflantă poate debita numai când punctul de funcționare se

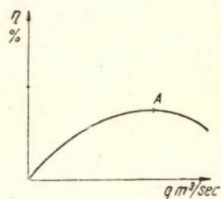


IV. Variația presiunii de refulare cu debitul la turație constantă.

1) caracteristica debit-presiune;
2) caracteristicile ale rețelei;
A, A') punct de funcționare.



V. Variația puterii absorbite cu debitul.



VI. Variația randamentului turbosuflantei cu debitul.

placa de bază sunt dispuse bulonul de fixare (19) și pana prismatică (20), care permite dilatațiile longitudinale ale carcasei.

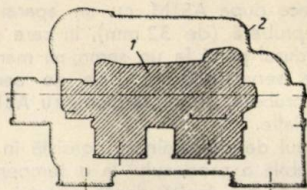
găsește în ramura stabilă, iar când acest punct se găsește pe ramura labilă apare fenomenul (nedorit) numit pompaj.

Turbosuflantele radiale se pot cupla în serie sau în paralel, dacă au caracteristice cari se aseamănă

destul de mult una cu alta. La cuplarea a două turbosuflante în paralel, debitul lor nu se dublează, iar la cuplarea în serie, nici presiunea nu se dublează (din cauza formei curbei de rezistență a rețelei, care în general nu e paralelă nici cu axa debitelor, nici cu axa presiunilor). — Sin. Turbosuflantă centrifugă, Rotosuflantă radială, Rotosuflantă centrifugă. —

1. **Turbosuflantă axială:** Turbosuflantă în care direcția principală a fluxului de gaze în rotor e paralelă cu axa de rotație. În procesul de comprimare a gazelor intervine forța portantă datorită învârtirii rotorului, provenită din diferența dintre presiunile pe cele două fețe ale paletelor acestuia (condiționată de existența unei circulații a vitezei gazului în jurul paletelor). În turbosuflanta axială (v. fig. VII), care se compune dintr'un rotor și un stator, gazul (aerul) intră și iese axial (în direcția axei arborelui suflantei). Rotorul (1) e alcătuit dintr'o tobă (2) — formată din unul sau din mai multe elemente — la periferia căreia sunt dispuse paletetele (3), radial și echidistant (cu pasul t , la desfășurarea în plan), montate în șanțuri; toba continuă cu două fusuri (4), cari se rotesc în palierale de alunecare montate în carcasă. Satorul cuprinde carcasa (5), de formă cilindrică sau tronconică,

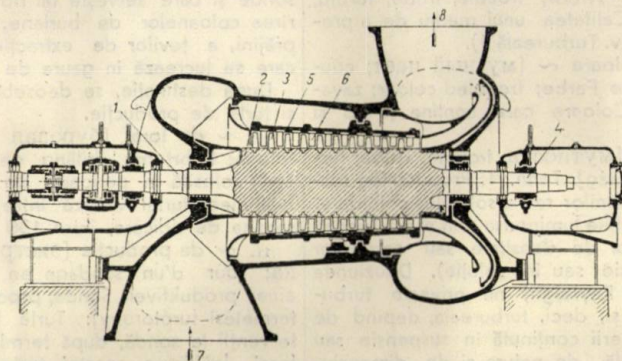
și paletetele directoare sau redresoare (6), între cari pătrund paletetele rotorului.



IX. Comparatie între mărimile unor turbosuflante radiale și axiale cu caracteristice identice.

1) turbosuflantă axială; 2) turbosuflantă radială.

Gazul (respectiv aerul) intră printr'un canal (7) în spirală sau toroidal și iese axial, eventual printr'un difuzor (8).



VII. Turbosuflantă axială.

1) rotor; 2) tobă; 3) paletă rotorică; 4) fus; 5) carcasă; 6) paletă directoare; 7) canal de intrare a gazelor; 8) difuzor, ieșirea gazelor.

Curbele caracteristice ale turbosuflantei axiale au un mers diferit de cel al turbosuflantelor radiale (v.). Astfel, curba caracteristică debit-presiune (v. fig. VIII) e mult mai abruptă și limita de pompaj e mult mai apropiată de punctul de funcționare nominal; din această

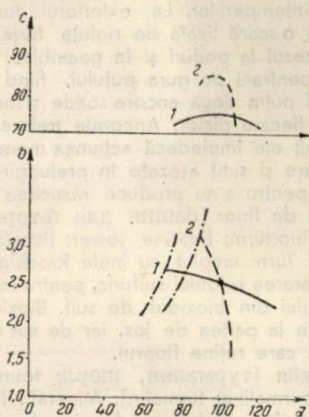
cursă, care se apropie de aceea a suflantei cu piston, rezultă că pentru raporturi de compresie superioare lui 5, variațiile de debit sunt neînsemnate (foarte mici), pentru variații foarte mari de presiune.

Turbosuflantele axiale funcționează la turații înalte (de 3000...12000 rot/min, uneori mai înalte), iar dimensiunile și greutatea lor sunt mult inferioare celor ale turbosuflantelor radiale (v. fig. IX); totuși, din cauza caracteristicilor de funcționare, turbosuflantele axiale sunt folosite mai puțin decât cele radiale. Sin. Rotosuflantă axială.

2. **Turbulent** [турбулентный; turbulent; stürmisch, unruhig; turbulent; turbulens]. Gen.: Calitatea curgerii unui fluid de a prezenta turbulență (v.).

3. **Turbulență** [завихрение, турбулентность; turbulence; Turbulenz; turbulence; turbulencia]: Mișcare de agitație a unui fluid, ale cărui particule au deplasări desordonate.

4. **Turburare**, punct de ~ [точка (температура) помутнения; point de trouble; Trübungspunkt; turbidity point; zavarodásponť]. Chim., Ind. petr.: Temperatură la care un produs lichid, derivat din petrol, se turburează (v. Turbureală 1)



VIII. Curbe caracteristice comparative ale turbosuflantelor. 1) turbosuflantă radială; 2) turbosuflantă axială; a) debitul în procente; b) raportul de compresie; c) randamentul.

în cursul răcirii, din cauza apariției cristalelor de parafină. Determinarea punctului de turburare se face după ASTM, cu un aparat compus din: o eprubetă (de 32 mm), în care se introduce produsul până la un semn; un manșon metalic, care servește drept baie de aer pentru această eprubetă, și un termometru ASTM, pentru congelajie.

Procedeele de determinare consistă în încălzirea prealabilă a produsului la o temperatură cu cel puțin 14° mai înaltă decât punctul de turburare, și în răcirea treptată cu ajutorul unor băi de răcire, a căror temperatură trebuie să se mențină cu 8...17° mai jos decât punctul de turburare. Încercările se fac din grad în grad, scoțând eprubeta din manșon pentru cel mult 3 s și cercetând dacă se constată vreun semn de turburare.

1. **Turbure** [МУТНЫЙ; trouble; trübe; turbid; zavaros]. Gen.: Calitatea unui mediu de a prezenta turbureală (v. Turbureală 1).

2. **Turbure, coloare** ~ [МУТНЫЙ ЦВЕТ; couleur trouble; trübe Farbe; troubled colour; zavaros szin]. Gen.: Coloare care conține și alb și negru.

3. **Turbureală** [МУТНОСТЬ; trouble; Trübe; turbid water; zavarosság]. Tehn.: 1. Proprietatea suspensiilor, a emulsiunilor sau a soluțiilor coloidale, de a difuza radiațiile luminoase prin efect Tyndall (datorit fluctuațiilor de densitate sau corpurilor străine în suspensie sau în soluție). Difuziunea moleculară (efect Rayleigh) nu privește turbureala. Difuziunea și, deci, turbureala, depind de cantitatea de materii conținută în suspensie sau în soluție coloidală, de natura și de dimensiunile particulelor, de numărul și dimensiunile aglomeratelor care dau fluctuațiile de densitate. Sin. Turbiditate. — 2. Mărime caracteristică mediilor constituite de suspensiile sau de soluțiile coloidale turburi (v. Turbureală 1), monoton crescătoare cu câtul dintre fluxul de lumină difuzată care a trecut printr-o grosime de mediu dată și dintre fluxul luminos incident. Sin. Turbiditate.

Turbureala se reperează cu ajutorul turbidimetrelor (v.), fie prin compararea directă cu o probă etalon, fie prin măsurarea transparenței în condițiuni de iluminare prescrise. Fluxul luminos incident e fie absorbit de mediu, fie difuzat de el, fie că trece prin el (transparență). Două medii cu o aceeași transparență au deci aceeași turbiditate numai dacă prezintă aceeași absorbție.

4. **Turbureală** [МУТНОСТЬ, МУТЬ; trouble; Trübe; turbid water; zagy]. 3. Mine: Suspensie de grăunți minerali foarte fini în apă. — Sin. Tulpureală.

5. **Turcoază** [бирюза; turquoise; Türkis; turquoise; türkisz]. Mineral.: $\text{CuAl}_6(\text{OH})_2\text{PO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Mineral cristalin în sistemul triclinic, rareori în cristale, în general în mase compacte criptocristaline cu forme stalactitice sau mameionare. Are coloare albastră sau verzuie, fiind în general opacă, cu luciu ceros; are duritatea 6 și gr. sp. 2,6...2,8. E întrebuințată ca piatră semiprețioasă. Sin. Kalait.

6. **Turelă** [турель; tourelle; Türmchen; turret; forgótorony]. Gen.: Suport mobil, care se poate roti în jurul unei axe, în general orizontale, astfel încât să permită obținerea poziției corespunzătoare pentru efectuarea unei anumite operațiuni. La mașini-unelte, de obicei la cele automate sau semiautomate, turela e o port-unelaltă (de ex. capul-revolver al unui strung cu mai multe unelte cari, prin rotație, pot fi aduse succesiv în poziție de lucru).

Unele turele, cum sunt cele dela avioanele de luptă, pot avea și mișcări oscilante sau ascendente-descendente, eventual combinate.

7. **Turion**: Sin. Fus. V. Fus 2.

8. ~ de vagonet. V. Ax de vagonet.

9. **Turlă** [ВЫШКА; tour de sondage; Bohrturm; derrick; furótorony]. Expl. petr.: Construcție metalică sau de lemn, montată deasupra gurii unei sonde și care servește la ridicarea și la coborîrea coloanelor de burlane, a garniturilor de prăjini, a țevelor de extracție și a utilajului cu care se lucrează în gaura de sondă.

După destinație, se deosebesc turele de foraj și turele de producție.

10. ~ de foraj [буровая ВЫШКА; tour de forage; Bohrturm; drilling derrick; furótorony]: Turlă folosită în perioada de forare a sondei. Înălțimea turlei variază între 28 și 41 m, iar sarcina de ridicare, între 130 și 190 t.

11. ~ de producție [ЭКСТРАКЦИОННАЯ ВЫШКА; tour d'un sondage en production; Turm einer produktiven Sonde; producing well derrick; termelési furótorony]: Turlă folosită pentru intervenții la sondă, după terminarea perioadei de foraj. Înălțimea acestei turle e de 28...31 m și sarcina de ridicare, de 60...100 t. Turele de producție metalice, construite din oțel cornier sau din țevă de oțel, tind să înlocuiască pe cele de lemn. Partea inferioară a turlei e îmbrăcată, pe o înălțime de 5 m, cu scândură sau cu tablă ondulată, pentru protejarea personalului contra intemperiilor. La exteriorul turlei se construiește o scară fixată de riglele turlei, care asigură accesul la poduri și la geamblac.

Turla e centrată pe gura puțului, fiind ancorată cu cel puțin două ancore solide și independente, de fiecare picior. Ancorele trebuie să fie întinse egal; ele împiedecă acțiunea momentului de răsturnare și sunt așezate în prelungirea diagonalelor, pentru a nu produce răsucirea turlei.

12. **Turlă de fluor** [башня для фтора; tour de fluor; Fluorturm; fluorine tower; fluorótorony]. Ind. chim.: Turn umplut cu inele Raschig, folosit la prepararea acidului sulfuric, pentru îndepărtarea fluorului din bioxidul de sulf. Bioxidul de sulf intră pe la partea de jos, iar de sus e stropit cu apă, care reține fluorul.

13. **Turmalin** [турмалин, шерл; tourmaline; Turmalin; tourmaline; turmalin]. Mineral.: Mineral cristalin în sistemul trigonal hemimorf, cu compoziție chimică complexă; conține borosilicat de aluminiu, fier, magneziu, mangan (și fluor). E divers colorat: roz, verde, negru, pleocroic; are

duritatea 7. Prezintă fenomenele de piezoelectricitate și piroelectricitate. E un mineral pneumatitic și metamorfic. Varietățile transparente sunt pietre semiprețioase. Acroitul e un turmalin incolor. — Sin. Turmalină.

1. **Turmalin**, clește de ~ [турмалиновые щипцы; pince à tourmaline; Turmalinzange; tourmaline clamp; turmalinfogó]. Fiz.: Dispozitiv optic format din două lame de turmalin, tăiate paralel cu axa optică, cu grosimea de 1...2 mm și cu diametrul de 2...3 cm, prinse în două ghiare cari formează o pereche de clește, — lame cari se pot roti în planul lor. Se folosește pentru cercetarea lamelor cristaline în lumină polarizată. Polarizarea se face prin dicroism.

2. **Turn** [башня; tour; Turm; tower; torony]. Arh., Cs.: Construcție supaterană, izolată sau alipită de altă construcție ori așezată deasupra ei, executată din lemn, din zidărie sau din beton armat, și a cărei înălțime e mare în raport cu dimensiunile lineare ale bazei. Secțiunea plană orizontală poate fi circulară, eliptică, triunghiulară, dreptunghiulară sau poligonală. Turnurile pot avea forma de cilindru, de trunchiu de piramidă, de trunchiu de con sau de hiperboloid. Pereții turnurilor pot fi executați din zidărie masivă (în care se amenajează goluri pentru iluminare), sau pot fi constituiți dintr'o suprafață autoportantă de beton armat ori dintr'un schelet de rezistență (stâlpi legați între ei cu grinzi orizontale, cadre sau grinzi cu zăbrele, plane sau în spațiu), care poate rămânea vizibil sau poate avea golurile umplute ori acoperite cu alte materiale (zidărie de cărămidă plină sau cu goluri, scânduri, tablă ondulată, etc.). Partea superioară a turnurilor poate fi liberă sau se poate termina, fie cu o platformă sau cu o terasă (mărginite de un parapet sau de un zid crenelat), fie cu un acoperiș foarte înalt (fleșă) sau în formă de cupolă, ori poate avea o construcție (de ex. un rezervor) sau o instalație (de ex. un far). Interiorul turnurilor poate rămânea liber pe toată înălțimea (de ex. la coșurile de fum), poate avea o scară sau o instalație, ori poate fi împărțit în mai multe compartimente, așezate la niveluri diferite și cari pot fi destinate pentru locuit sau pentru adăpostirea unor instalații. Uneori, platformele interioare sunt prelungite și la exteriorul turnului.

Turnurile sunt construcții folosite mult în arhitectura civilă, religioasă și militară, cum și în construcțiile industriale. În arhitectura civilă sunt folosite, fie ca locuințe izolate (de ex. culă) sau făcând parte dintr'o clădire monumentală, fie ca elemente arhitectonice de fațadă sau de acoperiș (de ex. lanterna) pentru a crea un aspect monumental, în special la clădirile cari se întind pe suprafețe mari. În arhitectura religioasă, turnurile constituie, uneori, elemente arhitectonice principale ale unei epoci, ale unui stil sau ale unui cult (de ex. campanilele, clopotnițele, minaretele). În arhitectura militară au fost folosite, în special în Antichitate și în Evul mediu, la lucrările de fortificații, ca posturi de observație și de apărare înaintate, sau făcând parte dintr'un ansamblu de

alte lucrări. Uneori au constituit și mijloace de atac, mobile. În construcțiile industriale sunt folosite, fie ca infrastructură sau ca element de susținere a unor construcții sau instalații (de ex. la castele de apă, la faruri, conducte aeriene, antene de radio, instalații de foraj sau de extracție, elevatoare, cuptoare înalte, etc.), fie pentru adăpostirea unor instalații (de pompe, de răcire, de absorpție, etc.), ori ca element de rezistență al unei instalații (de ex. la coșurile de fum).

3. ~ de absorpție [поглотительная трубка (башня); tour d'absorption; Absorptionsturm; absorption tower; absorpciós torony, elnyelő torony]. Ind. chim.: Turn folosit pentru separarea de gaze din amestecuri, prin disolvare selectivă într'un lichid.

Viteza de disolvare în lichid a gazelor fiind, în general, mică, e necesar ca, pentru asigurarea absorpției în bune condițiuni, de o parte, cele două faze să se miște în contracurent, și, de altă parte, suprafața de contact între faze să fie destul de mare. Pentru îndeplinirea ultimei condițiuni se trece gazul, divizat în bule foarte mici, prin lichid, sau, ceea ce e mai ușor de realizat, se împarte lichidul pe o suprafață foarte mare și se lasă gazul, divizat în bule relativ mari, să treacă încet în contracurent peste această suprafață. În practică se preferă procedeul al doilea, folosind turnuri de absorpție.

Turnul de absorpție are dispozitive pentru împărțirea lichidului pe o suprafață mare. Amestecul de gaze intră la baza turnului și, în mișcarea lui de jos în sus, întâlnește în contracurent lichidul introdus la vârful turnului și care a fost împărțit pe o mare suprafață de-a-lungul înălțimii acestuia. La vârf se găsește amestecul de gaze din care s'a separat componentul disolvat în lichid, iar la fundul turnului iese lichidul care conține gazul disolvat.

Se deosebesc două tipuri de dispozitive pentru împărțirea lichidului pe o suprafață mare: corpuri de umplură și talere cu clopote, a căror construcție e asemănătoare cu a talerelor dela coloanele de distilare, montate de-a-lungul înălțimii turnului.

Turnurile de absorpție cu umplură sunt cel mai des folosite, deoarece asigură o suprafață mare de contact între cele două faze, sunt mai ieftine, pot fi mai ușor realizate din materiale rezistente la coroziune — și deoarece pierderile de presiune în acest fel de turnuri sunt mai mari. Drept corpuri de umplură se folosesc: fie bucăți de piatră, de cocs, de cărămizi de diferite forme, etc. — acestea prezintă însă desavantajul că au o greutate specifică mare și suprafața specifică relativ mică, cum și (de ex. în cazul cocsului) desavantajul că sunt fărâmițoase —, fie corpuri cari, prin prelucrare, au căpătat anumite forme și dimensiuni, pentru a lăsa un cât mai mare spațiu liber între ele, pentru a micșora pierderea de presiune, având în același timp o suprafață specifică mare și o greutate specifică mică. S'a realizat o mare varietate de astfel de corpuri:

inele, inele cu spirale, spirale de sârmă, corpuri în formă de șea, etc. În practică, cel mai des folosite sunt corpurile în formă de șea și de inele Raschig (v.). Ambele pot fi fabricate din diferite materiale: metale laminate, porțelan, faianță, gresie antiacidă, etc.

Stratul de umplutură se sprijine jos pe un taler care are găurile necesare pentru scurgerea lichidului, cum și straturi pentru împărțirea egală a gazelor pe secțiunea turnului. La vârful turnului, lichidul e împărțit egal pe secțiunea acestuia, cu ajutorul unui sistem de ajutoare. Dacă turnul are diametrul mai mare decât 100 mm, lichidul în coborîre are tendința de a migra spre zonele periferice ale turnului, apropiate de manta. Din această cauză, în partea inferioară a stratului de umplutură, zona din jurul axei cilindrului rămâne uscată sau numai parțial udată de lichid — și deci contactul dintre cele două faze nu mai e perfect: se produc scăpări de gaze, cari nu intră deloc sau intră numai în mică măsură în contact cu lichidul, iar adsorpția nu se mai produce în cele mai bune condiții. Pentru a înlătura acest inconvenient, se împarte stratul de umplutură în mai multe porțiuni, a căror înălțime e cu atât mai mare, cu cât diametrul turnului e mai mare. Porțiunile sunt susținute de talere de împărțire, cari, de o parte, susțin stratul, iar de altă parte împart în mod egal gazele și lichidul pe întreaga secțiune a turnului.

Turnurile de absorpție cu umplutură sunt construite, de obicei, din oțel nealiat, și uneori sunt echipate cu o cămașă protectoare, confecționată dintr'un material rezistent la coroziune (tablă de plumb, strat de cauciuc natural sau sintetic, cămașă de cărămizi antiacide, diferite metale fixate prin metalizare pe suprafața interioară a mantalei, etc.). În unele cazuri, turnurile sunt construite din oțeluri aliate, din cupru, metal monel, aluminiu, gresie antiacidă, etc. Umplutura, ca și talerele de împărțire, trebuie să fie construite, de asemenea, din materiale rezistente la coroziunea produsă de substanțele cu cari ajung în contact.

Dacă înălțimea totală a straturilor de umplutură e foarte mare, în loc de a construi un singur turn, foarte înalt, se pot construi două turnuri mai scunde, cari lucrează în serie: gazele intră pe la baza primului turn, ies pe la vârful acestuia și sunt introduse pe la baza turnului al doilea, ieșind apoi pe la vârful lui. Lichidul e introdus la partea superioară a turnului al doilea, iese la baza acestuia, pentru a fi introdus la vârful primului turn, ieșind la baza lui.

Turnurile de absorpție cu talere se aseamănă constructiv cu coloanele de distilare cu clopote. Deși suprafața pe care e repartizat lichidul e mai mică decât la turnurile cu umplutură, totuși, printr'o împărțire judicioasă a clopotelor pe talere și printr'o alegere adecvată a fantelor clopotelor, se poate realiza o foarte bună absorpție. Aceste turnuri se folosesc din ce în ce mai rar și numai când pericolul de coroziune poate fi prevenit prin alegerea metalului indicat, când constantele

necesare calculului acestui tip de turnuri sunt cunoscute și când se poate admite o pierdere mare de presiune în turn.

1. Turn de degazeificat noroiului [дегазификационная башня; tour à dégazifier la boue; Entgasungsturm; outgasing tower; gázalanító torony]. Expl. petr.: Construcție în formă de turn, care conține un sistem de polițe de lemn, situate una deasupra alteia, inclinate sub un anumit unghi. Această construcție permite noroiului să cadă din planul unei polițe în planul alteia. Prin suprafața mare pe care o parcurge și prin agitația la care e supus, noroiul liberează o parte din gazele sale.

а. ~ de leșie bisulfitică [башня для бисульфитного щелока; tour à lessive; Laugen-turm; bisulphitic lye tower; lúgtorony]. Ind. cel.: Turn înalt de cca 30 m, cu diametrul de cca 2 m, construit din beton sau din lemn, căptușit în interior cu scânduri de stejar, în care se introduc, pe la partea superioară, piatră de var și apă, iar pe la cea inferioară, bioxid de sulf, pentru a se forma bisulfit de calciu (leșie bisulfitică), întrebuințat la fabricarea celulozei. Leșia sulfitică pentru fierberea celulozei trebuie să aibă concentrația de 5,5°Bé. Sin. Turnul lui Mitscherlich.

а. ~ de mină [шахтная вышка; chevalier de puits de mine; Förderschachtoberbau; pithead gear; bányatorony, szállító torony]. Mine: Construcție așezată la suprafață, deasupra guri unui puț sau a unui plan inclinat, și care servește ca eșafodaj pentru susținerea moletelor cablurilor mașinii sau trolului de extracție și pentru amenajarea stațiilor de încărcare și descărcare a vaselor de transport prin puț sau pe planul inclinat (colivie, skip).

Se compune dintr'o parte verticală sau inclinată, din capul turnului și din partea de rezistență.

Partea verticală (în cazul puțurilor verticale) sau inclinată (în cazul puțurilor inclinate sau al planelor inclinate) cuprinde prelungirile din puț ale ghidajelor. Ea servește la conducerea vaselor de transport până la platforma de încărcare-descărcare. Deasupra platformei și imediat sub capul turnului se montează dispozitive, cari împiedecă vasul de transport să lovească molettele, în caz de manevră greșită a mecanicului mașinii de extracție (se apropie ghidajele între ele, ca să înțepenească vasul de transport, sau vasele de transport ating dispozitive electrice sau mecanice cari declanșează automat frânele mașinii de extracție sau întrerup curentul la motorul mașinii).

Capul turnului instalat deasupra părții verticale e constituit din grinzile cari susțin palierul moletelor, platforma de circulație din jurul moletelor, parapetul de securitate din jurul platformei și acoperișul. Deasupra moletelor e instalată macaraua pentru ridicarea în turn și montarea moletelor. În cazul când mașina de extracție se așază în turn, ea se montează în capul acestuia.

Partea de rezistență suportă forțele transmise asupra turnului prin ramurile cablurilor de extracție. În cazul mașinilor de extracție așezate pe

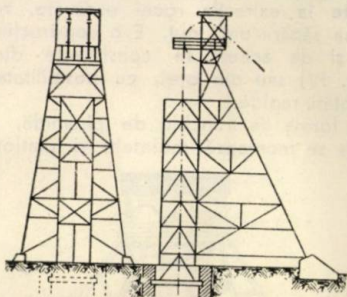
sol, partea de rezistență se poate confunda cu partea verticală, sau poate constitui o construcție aparte (turnuri mari), din doi montanți; în ambele cazuri se adaugă contrafortul înclinat, care preia eforturile datorite rezultantei tensiunilor din cele două ramuri de cablu. În cazul când mașina de extracție se montează în turn, contrafortul lipsește.

Fiecare turn are și o scară pentru accesul și controlul diferitelor sale părți.

Turnul de mină se construiește din lemn, din oțel profilat sau din beton armat.

După scopul în care sunt folosite, se deosebesc:

1. Turn de extracție: Turn care servește în special la extracția substanțelor minerale din subteran. Se construiește la puțuri de extracție auxiliare sau de aeraj, și e prevăzut cu instalații de încărcare și descărcare în vasele de transport prin puț, în dreptul platformelor amenajate în acest scop. În cazul transportului prin colivii se

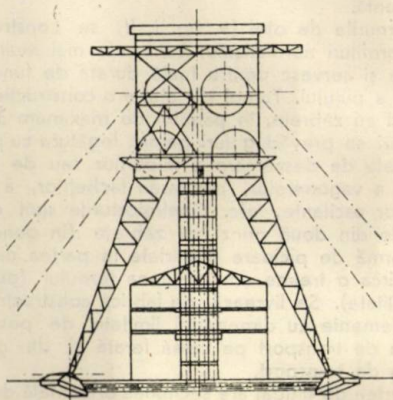


I. Turn de extracție cu doi montanți și contrafort, de oțel.

montează o platformă (în general simplă, mai rar etajată, pentru a introduce simultan vagoanele în etajele coliviei) de rulare a vagonetelor pline și a celor goale; în cazul extracției prin skip, la platformă se atașează dispozitivele de descărcare din skip, jghiaburile și instalațiile de transport cu benzi.

Complexitatea turnului de extracție depinde de capacitatea de extracție a puțului și variază de la construcții simple, cu înălțime mică, până la construcții complicate, cari suportă una sau două mașini puternice de extracție. —

Din punctul de vedere constructiv, se deosebesc următoarele tipuri de turnuri verticale de extracție: cu partea de rezistență independentă de partea verticală de ghidaj, constituită din doi montanți și din contrafort (v. fig. I), sau dintr-o construcție piramidală, care înlocuiește contrafortul și montanții (v. fig. II); cu partea de rezistență constituită din grinzile din față ale părții de ghidaj și din contrafort (tipul cel mai răspândit); cu profilul de trunchi de piramidă pentru partea de rezistență (cu patru contraforturi așezate la muchiile trunchiului), în interiorul căruia se construiește independent partea de ghidaj (acest tip e adecvat pentru turnuri cu două ma-

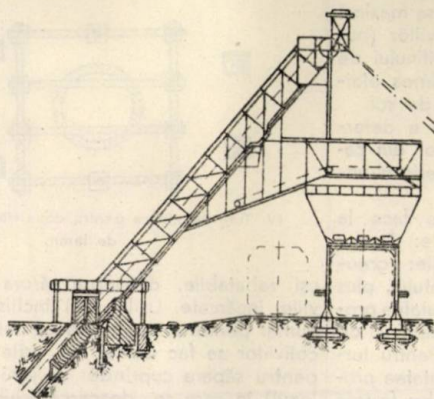


II. Turn de extracție în formă de trunchi de piramidă, de oțel.

șini de extracție, așezate pe sol, de o parte și de alta a turnului); fără contrafort, folosite în cazul când mașina de extracție e așezată în turn (în special la instalațiile cu roată de fricțiune).

Pentru puțuri înclinate se folosesc următoarele tipuri de turnuri: simple eșafodaje de susținere a moletelor, când vagoanele sau skipurile nu ajung până la turn; construcții analoage cu turnurile verticale de extracție, de cari se deosebesc

numai prin inclinarea ghidajelor și prezența căilor de rulare a vagonetelor sau a skipului; tipuri analoage cu cel precedent, de care se deose-



III. Turn fără contrafort, pentru puțuri înclinate, cu siloz de descărcare, de oțel.

besc prin adăugirea unui siloz în care se descarcă automat vagonetele sau skipul (v. fig. III).

Turnurile de extracție se construiesc din lemn, din oțel sau din beton armat.

Turnurile de extracție de lemn se folosesc rar și numai în cazul exploatărilor cu producție mică (cel mult 150 000 t/an) și cu durată scurtă de funcționare. Ca esență se folosește molidul, cu excepțiunea ramei turnului și a grinzilor de reazem a molețelor, cari se confecționează din stejar. Elementele orizontale supuse la întindere se dublează (uneori) cu tiranți rotunzi de oțel; tiranții se construiesc din lemn rotund. Se recomandă împregnarea ignifugă și antiseptică a lemnului. Legăturile cu fundația de beton se fac cu saboți de fontă.

Turnurile de oțel (v. fig. I, II) se construiesc din profiluri normalizate; sunt cele mai mult folosite și servesc pentru toată durata de funcționare a puțului. Turnul de oțel e o construcție de grinzi cu zăbrele, în panouri de maximum 3 m, în cari se prevăd goluri pentru legătura cu platformele de descărcare a skipurilor sau de trecere a vagonetelor, montarea tacheșilor, a podurilor oscilante, etc. Contraforturile sunt construite din două grinzi cu zăbrele (în general) în formă de picioare depărtate în partea de jos cu circa o treime din înălțimea turnului (pentru stabilitate). Se livrează, de fabrica constructoare, în elemente cu dimensiuni limitate de posibilitatea de transport pe calea ferată și de greutatea de transport.

Partea de ghidaj are secțiunea orizontală dreptunghiulară, cu latura mare

$$A = (300 + a + 2e) \text{ mm}$$

(a fiind lungimea coliviei, iar e , grosimea grinzilor marginale) și cu latura mică

$$B = (300 + b + 2e + E) \text{ mm}$$

(b fiind lățimea coliviei, iar E , distanța dintre cabluri). Înălțimea e funcțiune de viteza maximă a coliviilor în puț, de construcția coliviilor (numărul etajelor), de construcția dispozitivului de acătare a coliviei de cablu și de înălțimea platformei de descărcare a coliviilor față de sol.

Inclinarea contrafortului față de turn e determinată de direcția rezultantei tensiunilor din cabluri, care trebuie să fie situată în interiorul unghiului dintre contrafort și turn.

Verificarea turnului de extracție se face la acțiunea simultană a următoarelor forțe: Pentru turnuri cu o singură mașină de extracție: greutatea proprie a turnului, plus forța vântului, plus forțele normale maxime din cabluri; greutatea proprie a turnului, plus forța vântului, plus de cinci ori greutatea coliviei așezate pe tacheși. Pentru turnuri cu două mașini de extracție: greutatea proprie a turnului, plus forța vântului, plus forțele maxime normale din cablurile ambelor mașini; greutatea proprie a turnului, plus acțiunea vântului, plus de cinci ori greutatea coliviei pe tacheși corespunzători primei mașini, plus forțele normale și cablurile celei de a doua mașini; greutatea

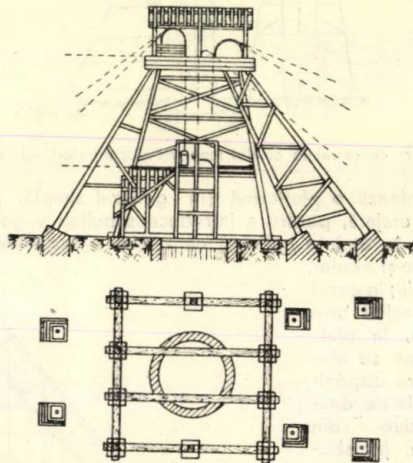
proprie a turnului, plus acțiunea vântului, plus forța de rupere în cablu, în care această forță e cea mai mare, plus de două ori forța maximă normală în cablul aceleiași mașini, plus forțele maxime normale în cablurile celeilalte mașini.

Turnurile de extracție construite din beton armat sunt folosite din ce în ce mai mult; principalele tipuri de turnuri de beton armat se construiesc: numai cu partea de rezistență și cu capul turnului de beton armat (doi montanți și contrafortul), în timp ce partea verticală de ghidaj rămâne metalică; turnuri cu contrafort, în întregime de beton armat; turnuri fără contrafort, în întregime de beton armat, (se folosesc în cazul când mașina e montată în turn și poate depăși în înălțime 40 m); turnuri de beton armat, însă cu contrafort metalic.

Turnurile de extracție de beton armat prezintă avantajele și dezavantajele construcțiilor de beton armat.

1. Turn pentru săparea unui puț: Turn care servește la extracția roci excavate, rezultate în urma săpării unui puț. E o construcție provizorie și de aceea se construiește din lemn (v. fig. IV) sau din oțel, cu posibilitatea unei demontări rapide.

Are forma de trunchi de piramidă, cu cap în care se montează molețele și platforme cu



IV. Turn de săpare pentru două troile de extracție, de lemn.

uși rabatabile, deasupra cărora se opresc coliviile încărcate. Ușile sunt închise și se deschid numai pentru a lăsa să treacă coliviile; manevrele coliviilor se fac numai cu ușile închise. Turnul pentru săpare cuprinde și jghiabul (uneori silozul) în care se descarcă chibla și sub care rulează vagonetele. Pe platforme și pe sol se instalează macaralele și scripeții pentru manevrele dispozitivelor din puț în timpul săpării (pod mobil de siguranță sau pentru zidirea pereților, pompă de adâncire, scară de siguranță, etc.).